

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-329562

(43)Date of publication of application : 30.11.2000

(51)Int.Cl.

G01C 19/56
G01P 9/04

(21)Application number : 11-345134

(71)Applicant : DENSO CORP

(22)Date of filing : 03.12.1999

(72)Inventor : IWAKI TAKAO
OYA NOBUYUKI
ITO HIROAKI

(30)Priority

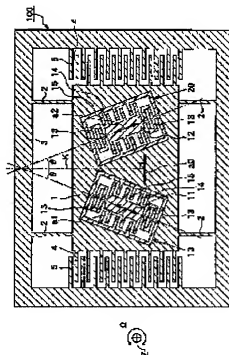
Priority number : 11066947 Priority date : 12.03.1999 Priority country : JP

(54) ANGULAR VELOCITY SENSOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a vibration-type angular velocity sensor device in which the drift of the zero point or the output sensitivity of an angular velocity output value is suppressed, which can be miniaturized and which can be made low in cost.

SOLUTION: A sensor element 100 is provided with a vibrator 1 for drive, which is driven and vibrated by electrodes 4, 5 for drive, in a direction a_0 with respect to an angular velocity axis (z), two vibrators 11, 12 for detection, which are connected to the vibrator 1 for detection, by beams 13, electrodes 14, 15 for detection, which detect the Coriolis force applied to the vibrators 11, 12 for detection. When the Coriolis force is applied, a detection vibration direction a_1 and a detection vibration direction a_2 which are generated in the respective vibrators 11, 12 for detection are deviated by an angle from a direction K in which the Coriolis force acts. Then, on the basis of output signals from the respective electrodes 14, 15 for detection, an angular velocity is calculated



by a signal originated from the Coriolis force while a signal originated from an inertial force is used as a reference.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 11.01.2006

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

データベース (参考)

G 0 1 C 19/56

G 0 1 C 19/56

2 F 1 0 5

G 0 1 P 9/04

G 0 1 P 9/04

審査請求 未請求 請求項の数27 O L (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願平11-345134

(22) 出願日 平成11年12月3日 (1999. 12. 3)

(31) 優先権主張番号 特願平11-68947

(32) 優先日 平成11年3月12日 (1999. 3. 12)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004280

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 岩城 隆雄

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会

社デンソー内

(72) 発明者 大矢 信之

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会

社デンソー内

(74) 代理人 100100022

弁理士 伊藤 洋二 (外2名)

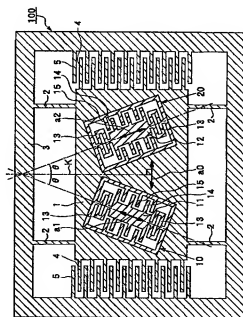
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 角速度センサ装置

(57) 【要約】

【課題】 振動型の角速度センサ装置において、角速度出力値の0点や出力感度のドリフトを抑制し、且つ、装置の小型化、低コスト化を達成する。

【解決手段】 センサエレメント100は、角速度軸 z に対して a 0方向に駆動用電極4、5により駆動振動する駆動用振動子1と、駆動用振動子1と梁13によって連結された2個の検出用振動子11、12と、検出用振動子11、12に加わるコリオリ力を検出する検出用電極14、15とを備え、コリオリ力が加わったときに各々の検出用振動子11、12に発生する検出振動の方向 a 1、 a 2がコリオリ力の作用する方向 K から角度 θ ずれている。そして、各検出用電極14、15からの出力信号に基づき、慣性力に起因する信号を基準にコリオリ力に起因する信号から角速度を算出するようにしている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 水平面内で駆動振動を行う可動部（1、38、41、51）を有し、この可動部を駆動振動させて前記水平面と垂直な角速度軸回りに角速度が発生したときに、前記可動部に対して前記水平面と平行な方向にコリオリ力を作用させるようにしたセンサエレメント（100、300、330、350、400、450、500、550、600）と、このセンサエレメントからの出力信号に基づき、前記コリオリ力に起因しない信号を基準に前記コリオリ力に起因する信号から角速度を算出する回路手段（200）と、を有することを特徴とする角速度センサ装置。

【請求項 2】 前記出力信号は、前記コリオリ力に起因する信号と前記コリオリ力に起因しない信号とが合成されたものであり、前記回路手段（200）は、前記出力信号から前記コリオリ力に起因する信号と前記コリオリ力に起因しない信号とを分離する機能を有するものであることを特徴とする請求項 1 に記載の角速度センサ装置。

【請求項 3】 前記コリオリ力に起因する信号と、前記コリオリ力に起因しない信号とは、位相が互いに 90°ずれていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の角速度センサ装置。

【請求項 4】 前記回路手段（200）は、前記コリオリ力に起因しない信号から位相が 90°ずれた位相における前記コリオリ力に起因する信号を検出する機能を有することを特徴とする請求項 3 に記載の角速度センサ装置。

【請求項 5】 前記回路手段（200）は、前記コリオリ力に起因する信号と前記コリオリ力に起因しない信号の強度比をとることにより前記角速度を算出する機能を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の角速度センサ装置。

【請求項 6】 前記センサエレメント（100、300、330、350、400、450、500、550、600）は異なる 2 個の出力信号を発生するものであり、

前記回路手段（200）は、前記 2 個の出力信号を加算もしくは減算することによって前記コリオリ力に起因しない信号を得る機能を有することを特徴とする請求項 1 に記載の角速度センサ装置。

【請求項 7】 前記コリオリ力に起因しない信号は、前記可動部（1、38、41、51）に作用する慣性力に基づく信号であることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 つに記載の角速度センサ装置。

【請求項 8】 検出しようとする角速度軸に対して垂直方向に駆動振動する振動子（11、12、31、32）と、角速度が入力されたときに前記振動子に加わるコリオリ力を検出する検出部（14、15、34、35）とを備え、前記コリオリ力が加わったときに前記振動子に

発生する検出振動の方向が前記コリオリ力の作用する方向に対してずれているセンサエレメント（100、300、330、350、400、450、500、550、600）を有し、

このセンサエレメントの前記検出部からの出力信号に基づき、前記コリオリ力に起因しない信号を基準に前記コリオリ力に起因する信号から前記角速度を算出するようにしたことを特徴とする角速度センサ装置。

【請求項 9】 前記振動子（11、12、31、32）は前記角速度軸に対して垂直方向に且つ同一周波数で駆動振動する複数個のものからなり、前記検出部（14、15、34、35）は前記複数個の振動子の各々に対応して設けられ、前記複数個の振動子の各々の前記検出振動の方向が前記コリオリ力の作用する方向に対してずれていることを特徴とする請求項 8 に記載の角速度センサ装置。

【請求項 10】 検出しようとする角速度軸に対して垂直方向に駆動振動する第 1 の振動子（1）と、この第 1 の振動子と梁（13）によって連結された複数個の第 2 の振動子（11、12）と、この第 2 の振動子に加わるコリオリ力を検出する検出部（14、15）とを備え、前記コリオリ力が加わったときに各々の前記第 2 の振動子に発生する検出振動の方向が前記コリオリ力の作用する方向からずれているセンサエレメント（100）を有し、

このセンサエレメントの前記検出部からの出力信号に基づき、前記コリオリ力に起因しない信号を基準に前記コリオリ力に起因する信号から前記角速度を算出するようにしたことを特徴とする角速度センサ装置。

【請求項 11】 前記複数個の第 2 の振動子（11、12）は、互いの間で前記検出振動の方向のずれ角が異なることを特徴とする請求項 10 に記載の角速度センサ装置。

【請求項 12】 前記駆動振動は、この駆動振動を行う振動子を有する可動部（51）と固定部（3）とを連結する一対の梁（501、502）の弾性力によって行われるものであり、

前記一対の梁は前記可動部における駆動振動の軸（b1、b2）を挟んで設けられ、個々の前記梁は互いに非対称な形状になっていることを特徴とする請求項 8 ないし 11 のいずれか 1 つに記載の角速度センサ装置。

【請求項 13】 前記センサエレメント（600）を製造するときの加工誤差を利用することによって、前記検出振動の方向が前記コリオリ力の作用する方向に対してずらされていることを特徴とする請求項 8 ないし 11 のいずれか 1 つに記載の角速度センサ装置。

【請求項 14】 前記検出部（14、15）は、前記振動子（11、12）と同様に前記駆動振動を行うようになっていることを特徴とする請求項 8 ないし 13 のいずれか 1 つに記載の角速度センサ装置。

【請求項 15】 前記駆動振動の共振周波数と前記検出振動の共振周波数とが一致もしくは近接するように構成されていることを特徴とする請求項 8 ないし 14 のいずれか 1 つに記載の角速度センサ装置。

【請求項 16】 センシングしようとする角速度軸に対して垂直方向に駆動振動する第 1 の検出用振動子 (1、3、1) および第 2 の検出用振動子 (12、32) を備え、前記第 1 の検出用振動子と前記第 2 の検出用振動子とで、前記角速度軸回りの角速度が入力されたときに振動する検出振動の振動軸が、コリオリ力の作用する方向に対して非平行であり、

前記第 1 および第 2 の検出用振動子の各々の出力信号を入力して、減算により慣性力を算出する慣性力算出手段と、

前記第 1 および第 2 の検出用振動子の各々の出力信号を演算することによりコリオリ力を含む値を算出するコリオリ力算出手段と、

前記慣性力算出手段からの信号と前記コリオリ力算出手段とからの信号とに基づいて演算を行い角速度を算出する角速度算出手段とを備えることを特徴とする角速度センサ装置。

【請求項 17】 検出しようとする角速度軸に対して垂直方向に駆動振動する複数の第 1 の振動子 (1a、1b) と、各々の前記第 1 の振動子の内部に梁 (13) で連結された第 2 の振動子 (11、12) と、角速度が入力されたときに前記第 2 の振動子に加わるコリオリ力を検出する検出部 (14、15) とを備え、かつ、前記複数の第 1 の振動子の少なくとも 2 個が少なくとも 1 個の梁 (6) で連結されており、前記コリオリ力が加わったときに前記第 2 の振動子に発生する検出振動の方向が前記コリオリ力の作用する方向に対してずれているセンサエレメント (400) を有し、

このセンサエレメントの前記複数の検出部からの出力信号に基づき、前記コリオリ力に起因しない信号を基準に前記コリオリ力に起因する信号から前記角速度を算出するようにしたことを特徴とする角速度センサ装置。

【請求項 18】 検出しようとする角速度軸に対して垂直方向に駆動振動する複数の第 1 の振動子 (1a、1b) と、各々の前記第 1 の振動子の内部に梁 (13) で連結された第 2 の振動子 (11、12) と、角速度が入力されたときに前記第 2 の振動子に加わるコリオリ力を検出する検出部 (14、15) とを備え、かつ、前記複数の第 1 の振動子同士が連結されておらず独立しており、前記コリオリ力が加わったときに前記第 2 の振動子に発生する検出振動の方向が前記コリオリ力の作用する方向に対してずれているセンサエレメント (450) を有し、

このセンサエレメントの前記複数の検出部からの出力信号に基づき、前記コリオリ力に起因しない信号を基準

に前記コリオリ力に起因する信号から前記角速度を算出するようにしたことを特徴とする角速度センサ装置。

【請求項 19】 検出しようとする角速度軸に対して垂直方向に駆動振動する複数の第 1 の振動子 (31、32) と、各々の前記第 1 の振動子の外側に前記第 1 の振動子と梁 (36) によって連結された第 2 の振動子 (34) と、この第 1 の振動子に加わるコリオリ力を前記第 2 の振動子を介して検出する検出部 (34、35) とを備え、かつ、前記複数の第 1 の振動子の少なくとも 2 個が少なくとも 1 個の梁 (6) で連結されており、前記コリオリ力が加わったときに各々の前記第 1 の振動子に発生する検出振動の方向が前記コリオリ力の作用する方向からずれているセンサエレメント (330) を有し、このセンサエレメントの前記複数の検出部からの出力信号に基づき、前記コリオリ力に起因しない信号を基準に前記コリオリ力に起因する信号から前記角速度を算出するようにしたことを特徴とする角速度センサ装置。

【請求項 20】 検出しようとする角速度軸に対して垂直方向に駆動振動する複数の第 1 の振動子 (31、32) と、各々の前記第 1 の振動子の外側に前記第 1 の振動子と梁 (36) によって連結された第 2 の振動子 (34) と、この第 1 の振動子に加わるコリオリ力を前記第 2 の振動子を介して検出する検出部 (34、35) とを備え、かつ、複数の第 1 の振動子同士が連結されておらず独立しており、前記コリオリ力が加わったときに各々の前記第 1 の振動子に発生する検出振動の方向が前記コリオリ力の作用する方向からずれているセンサエレメント (350) を有し、

このセンサエレメントの前記複数の検出部からの出力信号に基づき、前記コリオリ力に起因しない信号を基準に前記コリオリ力に起因する信号から前記角速度を算出するようにしたことを特徴とする角速度センサ装置。

【請求項 21】 前記検出振動の方向が前記コリオリ力の作用する方向からずれている複数の振動子 (11、12、31、32) は、互いの間で、前記検出振動の方向のずれ角が異なることを特徴とする請求項 17 ないし 20 のいずれか 1 つに記載の角速度センサ装置。

【請求項 22】 前記駆動振動を行う複数の振動子 (1a、1b、11、12、31、32) における互いの駆動振幅が、予め等しくなるように調整してあることを特徴とする請求項 9 及び 17 ないし 21 のいずれか 1 つに記載の角速度センサ装置。

【請求項 23】 前記複数の検出部 (14、15、34、35) における互いの出力信号振幅が、予め等しくなるように調整してあることを特徴とする請求項 9 及び 17 ないし 21 のいずれか 1 つに記載の角速度センサ装置。

【請求項 24】 前記駆動振動を行う振動子 (1a、1b、11、12、31、32) における該駆動振動の物理量をモニタする手段を備えたことを特徴とする請求項

8、9、及び17ないし21のいずれか1つに記載の角速度センサ装置。

【請求項25】 前記モニタの結果を用いた負帰還により、前記駆動振動を行う振動子(1a、1b、11、12、31、132)の駆動振幅を一定に制御することと特徴とする請求項24に記載の角速度センサ装置。

【請求項26】 複数の角速度センサ用のセンサエレメント(401、402)が、互いに別々のチップ(100、1001)に形成されてなり、各々の前記センサエレメントからの出力信号に基づき、コリオリ力に起因しない信号を基準にしてコリオリ力に起因する信号から角速度を算出することを特徴とする角速度センサ装置。

【請求項27】 前記コリオリ力に起因しない信号が慣性力による信号であることを特徴とする請求項1ないし26のいずれか1つに記載の角速度センサ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、車両制動システム、車両転倒検知システム、ナビゲーションシステム、光学機器の手ぶれ防止システム等の角速度をセンシングする必要のある角速度センサ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、小型化、低コスト化を目的として、マイクロマシン技術を用いた振動型の角速度センサ装置が報告されている。この種のセンサ装置におけるセンサエレメントの概略平面を図23に示す。SOI基板等を用いて加工されたセンサチップの外周枠部J1内に、互いに直交する駆動用梁J2及び検出用梁J3によって振動子J4が懸架されている。ここで、矢印a0は振動子J4の駆動振動方向、矢印a1は検出振動方向(従来のセンサエレメントにおけるコリオリ力発生方向)である。

【0003】センサの基本原理は、図23に示す様に、検出しようとする角速度軸zと垂直に、質量mを持った振動子J4を駆動振動させ、角速度軸z及び該駆動振動方向と垂直に発生するコリオリ力 $2mVQ$ (V:振動子J4の速度、Q:角速度)を、該コリオリ力の発生方向への振動子J4の変位等を利用して検出するものである。

【0004】このような角速度センサ装置においては、環境温度の変化や時間の経過とともに、センサエレメントのばね定数等の物性値が変化するため、角速度出力値の0点や出力感度がドリフトするという問題がある。これを回避するために、振動子の振幅をモニターしてフィードバックをかけることにより一定振幅で振動子を振動させる機能や、温度を計測して温度によって感度を補正する機能が搭載されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、これら機能を

搭載するという対策においては、振動モニタや温度センサ等が必要でありかつ回路の規模も大きくなるため、センサ装置のサイズ及びコストが増大する。また、補正という手法であるがゆえに、原理的に上記0点や出力感度のドリフトを0にすることはできず、高精度に補正しようとするれば、装置のサイズ及びコストはより増大する。

【0006】本発明は上記問題に鑑み、振動型の角速度センサ装置において、角速度出力値の0点や出力感度のドリフトを抑制し、且つ、装置の小型化、低コスト化を達成することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1ないし請求項7記載の発明では、水平面で駆動振動を行う可動部(1、38、41、51)を有し、この可動部を駆動振動させて該水平面と垂直な角速度軸(z)回りに角速度が発生したときに、該可動部に対して該水平面と平行な方向にコリオリ力を作らせるようにしたセンサエレメント(100、300、330、350、400、450、500、550、600)と、このセンサエレメントからの出力信号に基づき、該コリオリ力に起因しない信号を基準に該コリオリ力に起因する信号から角速度を算出する回路手段(200)とを有することを特徴としている。

【0008】このように、請求項1ないし7記載の発明によれば、環境温度の変化や時間の経過とともに同様に变化するコリオリ力に起因しない信号とコリオリ力に起因する信号を導出し、コリオリ力に起因しない信号を基準にコリオリ力に起因する信号を算出することによって、絶対値として持っている角速度出力値の0点や出力感度のドリフトを相対的にキャンセルすることができ、ため、該ドリフトを抑制でき、また、余分な回路等からの補正が不要となるため、装置の小型化、低コスト化を達成することができる。

【0009】ここで、センサエレメントからの出力信号がコリオリ力に起因する信号とコリオリ力に起因しない信号とが合成されたものである場合は、回路手段(200)がこれら両信号を分離する機能を有することが好ましく、また、コリオリ力に起因しない信号としては、該可動部(1、38、41、51)に作用する慣性力等のコリオリ力とは90°位相がずれた力に基づく信号を採用することができる。

【0010】ここで、慣性力とは、「質量mに力Fが作用して加速度aを生ずる場合に、 $-ma$ に相当する力」(岩波理化学辞典より)である。言い換えれば、「非慣性系から見たため見かけ上現れる力の総称」であるため、コリオリ力も慣性力に含まれる。本明細書では、「慣性力」といえば、コリオリ力以外の慣性力を指すことにする。

【0011】また、請求項8記載の発明では、センサエレメント(100、300、330、350、400、

450、500、550、600)として、検出しようとする角速度軸に対して垂直方向に駆動振動する振動子(11、12、31、32)と、角速度が入力されたときに該振動子に加わるコリオリ力を検出する検出部(14、15、34、35)とを備え、該コリオリ力が加わったときに前記振動子に発生する検出振動の方向が前記コリオリ力の作用する方向に対してずれているものを採用している。

【0012】本発明のセンサエレメントによれば、コリオリ力が加わったときに振動子に発生する検出振動の方向がコリオリ力の作用する方向に対してずれているから、該検出振動方向に対してコリオリ力に起因する力とコリオリ力に起因しない力を発生させることができ、検出部からの出力信号にはコリオリ力に起因しない信号とコリオリ力に起因する信号とが含まれる。

【0013】そして、本発明では、この出力信号に基づき、コリオリ力に起因しない信号を基準にコリオリ力に起因する信号から角速度を算出するようにしているため、上記請求項1～請求項7の発明と同様の作用効果を奏することができる。

【0014】また、請求項9記載の発明では、複数個の振動子(11、12、31、32)と各振動子に対応する検出部(14、15、34、35)とを有するから、各々の振動子に対応して複数個の出力信号が得られる。そして、各出力信号に基づき、コリオリ力に起因しない信号を基準にコリオリ力に起因する信号から角速度を算出するようにしているため、請求項8の発明と同様の効果を奏する。

【0015】また、請求項10記載の発明では、センサエレメント(100)として、検出しようとする角速度軸に対して垂直方向に駆動振動する第1の振動子(1)と、この第1の振動子と梁(13)によって連結された複数個の第2の振動子(11、12)と、この第2の振動子に加わるコリオリ力を検出する検出部(14、15)とを備え、該コリオリ力が加わったときに各々の該第2の振動子に発生する検出振動の方向が該コリオリ力の作用する方向からずれているものを採用している。

【0016】本発明のセンサエレメントによれば、複数個の第2の振動子は、第1の振動子と共に駆動振動を行い、コリオリ力が加わったときに梁によって検出振動することができ、この検出振動に基づき検出部からコリオリ力を検出する。ここで、各第2の振動子の検出振動の方向が該コリオリ力の作用する方向からずれているため、請求項9の発明と同様の作用効果を奏することができる。

【0017】ここで、請求項11記載の発明のように、請求項10記載のセンサエレメント(100)において、複数個の第2の振動子(11、12)を、互いの間で検出振動の方向のずれ角が異なるものとしても、検出部からの出力信号に基づき、コリオリ力に起因しない信

号を基準にコリオリ力に起因する信号から角速度を算出することができる。

【0018】また、請求項12記載の発明では、請求項8～請求項11記載のセンサ装置における駆動振動を、この駆動振動を行う振動子を有する可動部(51)と固定部(3)とを連結する一対の梁(501、502)の弾性力によって行うものとし、該一対の梁を該可動部における駆動振動の軸(b1、b2)を挟んで設けるとともに、個々の該梁を互いに非対称な形状としたことを特徴としている。

【0019】それによって、一対の梁のうち一方と他方とでばね定数が異なるから、コリオリ力を検出する検出振動の方向に対して容易に駆動振動の方向をずらすことができ、駆動振動方向と直交する方向であるコリオリ力の作用する方向と、検出振動の方向とをずらすことができる。

【0020】また、請求項13記載の発明のように、センサエレメント(600)を製造するときの加工誤差を利用することによって、検出振動の方向をコリオリ力の作用する方向に対してずらすものとしたれば、加工誤差を積極的に利用することができ、従来排除しようとしていた加工誤差を排除する必要がなくなり、低コスト化に有効である。

【0021】ところで、センサエレメントにおいて、駆動振動を行うための構成部分の物性値が温度変化等に伴って変化したことで目的外方向の振動が発生すると、センサエレメントの検出部からの出力信号には誤差が発生する。

【0022】この問題に対して、請求項14記載の発明では、請求項8～請求項13記載の角速度センサ装置において、検出部(14、15)を振動子(11、12)と同様に駆動振動にさせるようにしているから、検出部からの出力信号には上記の駆動振動の目的外振動による誤差が発生しない。

【0023】さらに、請求項15記載の発明では、請求項8～請求項13記載の角速度センサ装置において、駆動振動の共振周波数と検出振動の共振周波数とを、一致もしくは近接するように構成したことを特徴としているから、検出振動の振幅を大きくでき、検出振動方向のコリオリ力に起因しない力(慣性力等)の成分及びコリオリ力成分を大きくできる。そのため、センサエレメントからの出力信号におけるコリオリ力に起因しない信号成分及びコリオリ力に起因する信号成分を大きくでき、上記の検出振動の変化による誤差を相対的に小さくできる。

【0024】なお、請求項14記載の発明において、請求項15記載の構成とした場合には、センサエレメントからの出力信号におけるコリオリ力に起因しない信号成分及びコリオリ力に起因する信号成分を大きくでき、出力感度を向上させることができる。

【0025】また、請求項16記載の発明では、センシングしようとする角速度軸に対して垂直方向に駆動振動する第1の検出用振動子（11、31）および第2の検出用振動子（12、32）を備え、該第1の検出用振動子と該第2の検出用振動子とで、該角速度軸回りの角速度が入力されたときに振動する検出振動の振動軸が、コリオリ力の作用する方向に対して非平行であり、さらに、該第1および第2の検出用振動子の各々の出力信号を入力して減算により慣性力を算出する慣性力算出手段と、該第1および第2の検出用振動子の各々の出力信号を演算することによりコリオリ力を含む値を算出するコリオリ力算出手段と、該慣性力算出手段からの信号と該コリオリ力算出手段とからの信号とに基づいて演算を行い角速度を算出する角速度算出手段とを備えることを特徴としている。

【0026】本発明によれば、第1及び第2の検出用振動子の検出振動の振動軸が、それぞれコリオリ力の作用する方向に対して非平行であるため、それぞれの振動子において慣性力とコリオリ力とを含んだ出力信号を発生させることができる。そして、両振動子からの出力信号を減算することにより慣性力を算出でき、演算によりコリオリ力を算出でき、上記請求項1ないし7記載の発明と同様の効果を得ることができる。

【0027】また、請求項17記載の発明では、センサエレメント（400）として、角速度軸に対して垂直方向に駆動振動する複数個の第1の振動子（1a、1b）と、各々の第1の振動子の内部に梁（13）で連結された第2の振動子（11、12）と、角速度が入力されたときに該第2の振動子に加わるコリオリ力を検出する検出部（14、15）とを備え、かつ、該複数個の第1の振動子の少なくとも2個が少なくとも1個の梁（6）で連結されており、コリオリ力が加わったときに該第2の振動子に発生する検出振動の方向が前記コリオリ力の作用する方向に対してずれているものを採用している。

【0028】本発明によれば、複数個の第2の振動子（検出用振動子）は、それぞれに対応する第1の振動子（駆動用振動子）とともに駆動振動を行い、コリオリ力が加わったときに、梁（13）によって検出振動することができ、この検出振動に基づき、複数個の検出部から各々コリオリ力を検出する。

【0029】ここで、コリオリ力の方向が第2の振動子の検出振動の方向からずれているため、コリオリ力に起因しない信号を基準にコリオリ力に起因する信号を計算することができる。そのため、角速度出力値の0点や出力感度のドリフトをキャンセルできる。したがって、それらを回路で補正することが不要となるので、装置の小型化、低コスト化が可能である。

【0030】さらに、本発明では、少なくとも2個の第1の振動子同士が梁（6）で連結されているため振動系は連成振動系となり、駆動振幅が極大となる駆動力の周

波数は、該梁で連結された第1の振動子において同じ値（固有振動数）となる。角速度センサでは、駆動振幅を大きくとるために固有振動数で振動させることが多いが、連成振動系を作ることにより、振幅を一致（または近い値に）させるのが容易となる。

【0031】また、請求項18記載の発明は、請求項17のセンサエレメントにおいて、複数個の第1の振動子（1a、1b）同士を連結せずに独立したものとしたセンサエレメント（450）を採用したことを特徴とするものである。本発明によっても、請求項17の発明と同様に、コリオリ力に起因しない信号を基準にコリオリ力に起因する信号を計算することができ、角速度出力値の0点や出力感度のドリフトのキャンセル、装置の小型化、低コスト化といった効果を奏する。

【0032】さらに、本発明によれば、複数個の第1の振動子を連結せずに独立させることにより、複数個の第1の振動子のチップ内での配置が自由になり、チップの小型化が可能である。これは、単純には低コストになるし、歩留まりも向上する。また、複数個の第1の振動子を連結しないことにより、複数個の第1の振動子をそれぞれ別のチップ（1000、1001）上に配置することも可能であり、これも歩留まり向上に役立つ。

【0033】さらに、複数個の第1の振動子を連結しないということは、これら第1の振動子を連結するための梁を設けなくても良いことであるから、個々の第1の振動子の周囲に駆動手段（駆動用電極等）を、簡単に複数個とりつけることができる。従って、駆動力を大きくすることができ非常に有利である。

【0034】また、請求項19記載の発明では、センサエレメント（330）として、角速度軸に対して垂直方向に駆動振動する複数個の第1の振動子（31、32）と、各々の該第1の振動子の外側に該第1の振動子と梁（36）によって連結された第2の振動子（34）と、この第1の振動子に加わるコリオリ力を第2の振動子を介して検出する検出部（34、35）とを備え、かつ、該複数個の第1の振動子の少なくとも2個が少なくとも1個の梁（6）で連結されており、コリオリ力が加わったときに各々の該第1の振動子に発生する検出振動の方向がコリオリ力の作用する方向からずれているものを採用している。

【0035】本発明によれば、複数個の第1の振動子が駆動振動しているときに、コリオリ力が加わると各第1の振動子には検出振動が発生する。この第1の振動子の検出振動は、梁（36）を介して対応する各第2の振動子（34）をも同様に検出振動させ、この第2の振動子の検出振動に基づき、複数個の検出部から各々コリオリ力を検出する。

【0036】ここで、コリオリ力の方向が第1の振動子の検出振動の方向からずれており、それによって、コリオリ力の方向は第2の振動子の検出振動の方向からはず

れることとなるため、コリオリ力に起因しない信号を基準にコリオリ力に起因する信号を計算することができ、そのため、角速度出力値の0点や出力感度のドリフトをキャンセルできる。したがって、それらを回路で補正することが不要となるので、装置の小型化、低コスト化が可能である。

【0037】また、少なくとも2個の第1の振動子同士が梁(6)で連結されているため振動系は連成振動系となり、駆動振幅が極大となる駆動力の周波数は、該連成振動用梁で連結された第1の振動子において同じ値(固有振動数)となる。角速度センサでは、駆動振幅を大きくとるために固有振動数で振動させることが多いが、連成振動系を作ることにより、振幅を一致(または近い値に)させるのが容易となる。

【0038】また、請求項20記載の発明は、請求項19のセンサエレメントにおいて、複数の第1の振動子(31、32)同士を連結せずに独立したものとしたセンサエレメント(350)を採用したことを特徴とするものである。本発明によっても、請求項19の発明と同様に、コリオリ力に起因しない信号を基準にコリオリ力に起因する信号を計算することができ、角速度出力値の0点や出力感度のドリフトのキャンセル、装置の小型化、低コスト化といった効果を奏する。

【0039】さらに、本発明によれば、複数の第1の振動子を連結せずに独立させることにより、請求項18の発明と同様の効果、即ち、第1の振動子の配置自由化、別チップへの配置によるチップの小型化、低コスト化、歩留まり向上、及び、駆動手段の複数化による駆動力の増大化、といった効果を奏する。

【0040】ここで、請求項21記載の発明のように、請求項17〜請求項20記載のセンサエレメント(330、350、400、450)において、検出振動の方向がコリオリ力の作用する方向からずれている複数の第1または第2の振動子(11、12、31、32)を、互いの間で検出振動の方向のずれ角が異なるものとしても、検出部(14、15、34、35)からの出力信号に基づき、コリオリ力に起因しない信号を基準にコリオリ力に起因する信号から角速度を算出することができる。

【0041】また、請求項22記載の発明では、請求項9、17〜21に記載の角速度センサ装置において、駆動振動を行う複数の振動子(1a、1b、11、12、31、32)における互いの駆動振幅が予め等しくなるように調整してあることを特徴としている。

【0042】加工誤差等の原因により、例えば駆動電圧が同じでも、駆動振動を行う複数の振動子の振幅が異なってしまうことがある(全く同じ振動子を複数個作ることができれば、同じ電圧をかけることによって振幅は同じになるが、実際には、エッチング時の加工誤差等によって全く同じ振動子を複数個作ことは難しい)。

【0043】駆動振動を行う複数の振動子がある場合、検出振動に基づく信号も複数の出力されるが、コリオリ力による信号を得るには、これら複数の出力信号(a a、b b、a a'、b b')を演算(例えば加算もしくは減算)することを行う。これは、それぞれの駆動振動を行う振動子の駆動振幅が等しいことを前提としている。したがって、加工誤差によって、それぞれの振動子の駆動振幅が異なってしまうと、コリオリ力による信号を精度良く得にくくなる。その点、本発明のように、駆動振動を行う振動子の駆動振幅を調整すれば、たとえ加工誤差等があっても、複数の信号を演算することによって、コリオリ力による信号を精度良く得ることができる。

【0044】また、請求項23記載の発明のように、請求項9、17〜21に記載の角速度センサ装置において、複数の検出部(14、15、34、35)における互いの出力信号振幅を予め等しくなるようにゲインを調整しても、請求項22の発明における駆動振幅と同じにする効果と同じ効果が得られる。

【0045】また、請求項24記載の発明のように、請求項8、9、及び17〜21に記載の角速度センサ装置において、駆動振動を行う振動子(1a、1b、11、12、31、32)における該駆動振動の物理量をモニタする手段(4'、5')を備えたものとするれば、駆動振動の物理量(駆動振幅や駆動振動速度等)をモニタすることによって、このモニタの結果に基づき、振動子の駆動振動の振幅やその振動速度等を調整したり、検出部からの出力信号の振幅を調整することができる。

【0046】特に、請求項25記載の発明のように、モニタの結果を用いた負帰還(フィードバック)により、駆動振動を行う振動子(1a、1b、11、12、31、32)の駆動振幅を一定に制御すれば、駆動振動を行う振動子が複数個ある場合に、請求項22の発明と同様の効果を得られる。また、このフィードバック制御による駆動振幅一定制御は、上記のモニタ結果に基づくものであるため、装置に対する環境変化が生じてとも関係なく制御できる。

【0047】また、通常の角速度センサ用のセンサエレメントにおいては、その出力信号は、必ずコリオリ力に起因する信号とコリオリ力に起因しない信号とが含まれる。その点、請求項26記載の発明のように、複数のセンサエレメント(401、402)を別々のチップ(1000、1001)に形成した場合、複数の出力信号を演算すれば、コリオリ力に起因しない信号を基準にしてコリオリ力に起因する信号から角速度を算出することができる。上記本発明の目的を達成できる。

【0048】さらに、複数のセンサエレメントを別々のチップに形成することで、振動子の配置等、1つのチップ内におけるエレメント構造の自由度を大きくでき、結果として、各チップの小型化が可能である。これは、

単純には低コストになるし、歩留まりも向上する。また、各チップを重ねて配置する等の工夫が可能で、装置の小型化を図ることができる。

【0049】また、請求項27記載の発明では、請求項1〜請求項26に記載の角速度センサ装置において、コリオリ力に起因しない信号が慣性力による信号であることを特徴としている。

【0050】なお、上記した括弧内の符号は、後述する実施形態記載の具体的手段との対応関係を示す一例である。

【0051】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図に示す実施形態について説明する。なお、以下の実施形態において平面図に施されたハッチングは便宜上施したもので断面を示すものではない。また、各実施形態相互において同一部分に付いては図中、同一符号を付してある。

【0052】(第1実施形態)図1に本発明の第1実施形態に係る角速度センサ装置のセンサエレメント100の概略平面図を示し、図2に該角速度センサ装置の回路部(回路手段)200のブロック図を示す。なお、図2は以下の各実施形態に係る回路部200のブロック図でもある。

【0053】センサエレメント100は、例えばSOI基板にマイクロマシン技術を施すことにより形成された略矩形状のチップであり、基板の水平面(図1における紙面に相当)内で駆動振動を行う可動部としての略矩形状の駆動用振動子(本発明の第1の振動子にも相当)1を有し、この駆動用振動子1を駆動振動させて該水平面と垂直な角速度軸 Ω 回りに角速度 Ω が発生したときに、該駆動用振動子1に対して該水平面と平行な方向にコリオリ力が作用するようになっている。

【0054】駆動用振動子1は、その対向辺部において、上記水平面内に延びる例えば4本の梁2によってチップ(即ちセンサエレメント100)の外周枠部3に連結されており、該連結部以外では、外周枠部3と開口部(非ハッチング部分)を介して離間している。ここで、駆動用振動子1は、梁2によって外周枠部3とは独立に図1に示す矢印 a の方向(駆動振動方向)にのみ振動可能となっている。

【0055】駆動用振動子1における外周枠部3との連結部以外の対向辺部には、複数個の棒状の駆動用可動電極4が櫛歯状に設けられ、これら駆動用可動電極4の櫛歯の隙間には、外周枠部3から延びる複数個の棒状の駆動用固定電極5が櫛歯状に設けられており、これら両電極4、5の側面は離間して対向している。ここで、駆動用振動子1及び駆動用可動電極4と駆動用固定電極5とは、電氣的に絶縁され独立している。

【0056】そして、各電極4、5は図示しない配線やパッド等を介して回路手段200に電氣的に接続されており、回路部200から両電極4、5の間に交る周期で

電圧を印加することによって、両電極4、5の間に静電力が作用し上記梁2の弾性力により、可動部である駆動用振動子1を上記水平面内において図1に示す a 方向に駆動振動させることができるようになっている。

【0057】また、駆動用振動子1は、2個の略矩形状の検出用振動子(本発明でいう第2の振動子)、即ち第1の検出用振動子11及び第2の検出用振動子12を有している。両検出用振動子11及び12は、各々その対向辺部において、2個の梁13によって駆動用振動子1に連結されており、該連結部以外では、駆動用振動子1と開口部(図1中の非ハッチング部分)を介して離間している。ここで、検出用振動子11、12は、上記角速度 Ω の入力時に、それぞれ梁13によって駆動用振動子1とは独立に図1に示す矢印 $a1$ 、 $a2$ の方向(検出振動方向、検出振動の振動軸)にのみ振動可能となっている。

【0058】また、各検出用振動子11、12における駆動用振動子1との連結部以外の対向辺部には、複数個の棒状の検出用可動電極14が櫛歯状に設けられ、これら検出用可動電極14の櫛歯の隙間には、駆動用振動子1から延びる複数個の棒状の検出用固定電極15が櫛歯状に設けられており、両検出用電極14、15は離間して対向している。

【0059】ここで、検出用固定電極15は、駆動用及び検出用振動子1、11、12及び検出用可動電極14とは、例えば、溝を形成し、酸化膜などの絶縁体を埋め込むことで、電氣的に絶縁され独立している。そして、両検出用電極14、15は、検出用振動子11、12に加わるコリオリ力を検出する検出部として構成されている。

【0060】このように本実施形態では、各検出用振動子11、12は、それぞれ、梁及び検出部13〜15との組み合わせによって一つの加速度センシング部10、20をなし、センサエレメント100は、可動部である駆動用振動子1に2個の加速度センシング部10、20が一体化された形となっている。

【0061】そして、これら検出用振動子11、12は、上記駆動用振動子1の駆動振動時において、角速度軸 z 回りの角速度の非入力時($\Omega=0$ のとき)には、駆動用振動子1と同様に駆動振動する。そして、角速度軸 z 回りの角速度 Ω の入力時には、上記水平面と平行であって且つ角速度軸 z 及び駆動振動方向(a 方向)と直交する方向(図1中、一点鎖線Kで図示)に発生するコリオリ力の作用により、各検出用振動子11、12は、それぞれ図1に示す $a1$ 、 $a2$ の方向に振動する(検出振動)。

【0062】ここで、本実施形態においては、2個の検出用振動子11、12における各々の検出振動の方向(検出方向) $a1$ 、 $a2$ を、 a 方向(駆動振動方向)と垂直なコリオリ力の作用方向Kに対して角度 θ だけず

らした独自の構成として、紙面に対して垂直方向の角速度軸 z 回りの角速度 Ω を検出しようとしている。このようなセンサエレメント 100 の働きについて、図 3 を参照して説明する。図 3 は第 1 の検出用振動子 11 を例にとり、これに作用する力を説明するものである。

【0063】 駆動用振動子 1 とともに第 1 の検出用振動子 11 が $x = A \sin \phi t$ (x : 変位、 A : 駆動振幅、 $\sin \phi t$: 位相) で a 方向に駆動振動しているとする。角速度軸 z 回りの角速度 Ω が入力されたとき、第 1 の検出用振動子 11 に対して、駆動振動方向と平行に慣性力 F_i が作用し、駆動振動方向と直交する方向 K にコリオリ力 F_c が作用する。

【0064】 ここで、図 13 によって第 1 の検出用振動子 11 の検出振動の方向が a 1 方向に規定されているため、慣性力は $F_i \cdot \sin \theta$ 成分のみ (図 3 (a) 参照)、コリオリ力は $F_c \cdot \cos \theta$ 成分のみ (図 3 (b) 参照)、各々検出することができる。

【0065】 図 1 における第 1 の検出用振動子 11 の質量を m 、第 1 の検出用振動子 11 に加わる加速度を a 、角速度を Ω とすると、第 1 の検出用振動子 11 にて検出される慣性力 F_{ai} 及びコリオリ力 F_{ac} は、下記の数式 1 のようになる。

【0066】

【数 1】

$$F_{ai} = m a = -m A \phi^2 \sin \phi t \cdot \sin \theta$$

$$F_{ac} = 2 m v \Omega = 2 m \Omega A \phi \cos \phi t \cdot \cos \theta$$

また、第 2 の検出用振動子 12 に対しても同様と考えれば、該第 2 の検出用振動子 12 にて検出される慣性力 F_{bi} 及びコリオリ力 F_{bc} は、下記の数式 2 のようになる。

【0067】

【数 2】

$$F_{bi} = -m A \phi^2 \sin \phi t \cdot \sin (-\theta)$$

$$= m A \phi^2 \sin \phi t \cdot \sin \theta$$

$$F_{bc} = 2 m \Omega A \phi \cos \phi t \cdot \cos (-\theta)$$

$$= 2 m \Omega A \phi \cos \phi t \cdot \cos \theta$$

これらの力は、各検出用振動子 11、12 の検出振動において各々図 1 に示す a 1、 a 2 方向の変位となって現れ、検出部としての両検出用電極 14、15 の側面間の距離変化が発生し、両検出用電極 14、15 間の容量変化として検出することができる。すなわち、2 つの検出用振動子 11、12 および検出部 14、15 からは、センシングした加速度として下記の数式 3 に示す 2 つの信号 a および b が得られることとなる。

【0068】

$$\text{【数 3】 } a a = -A \phi^2 \sin \phi t \cdot \sin \theta + 2 \Omega A \phi \cos \phi t \cdot \cos \theta$$

$$b b = A \phi^2 \sin \phi t \cdot \sin \theta + 2 \Omega A \phi \cos \phi t \cdot \cos \theta$$

このようにして、本実施形態における角速度センサ装置

においては、センサエレメント 100 から異なる 2 個の出力信号、即ち第 1 の検出用振動子 11 からの信号 a と第 2 の検出用振動子 12 からの信号 b とを発生する。次に、得られた 2 個の出力信号 a 、 b を、上記回路部 200 にて処理し出力を得るのであるが、その処理方法を、図 4 に示す回路部 200 の説明図を使って説明する。

【0069】 図 4 に示す様に、まず、2 個の出力信号 a 、 b を減算、加算することによって、それぞれ信号 $S11$ 、 $S12$ が得られる。信号 $S11$ はコリオリ力に起因しない慣性力に、信号 $S12$ はコリオリ力に起因した信号である。この 2 つの信号 $S11$ 、 $S12$ のピーク値を検出し、得られた信号 $S21$ 、 $S22$ 同士を減算してその強度比をとることによって、最終的に、 $2 \Omega / \phi \tan \theta$ の出力が角速度センサ装置の検出値として得られる。

【0070】 図 4 に示す様に、回路部 200 は、第 1 および第 2 の検出用振動子 11、12 の各々の出力信号 a 、 b を入力して減算により慣性力を算出する慣性力算出手段 (信号 $S11$ 及び信号 $S21$ を算出する部分) と、第 1 および第 2 の検出用振動子 11、12 の各々の出力信号 a 、 b を演算することによりコリオリ力を含む値を算出するコリオリ力算出手段 (信号 $S12$ 及び信号 $S22$ を算出する部分) と、慣性力算出手段からの信号 (信号 $S21$) とコリオリ力算出手段からの信号 (信号 $S22$) に基づいて演算を行うことによって角速度を算出する角速度算出手段 (減算して出力を算出する部分) と、を備えている。

【0071】 ここで、センサエレメント 100 を作製後、一定の角速度における出力を測定しておくことによって角速度 Ω が算出可能である。また ϕ と θ は既知であるから、その値を用いて角速度 Ω を算出することが可能である。

【0072】 このようにして最終的に得られる出力 ($2 \Omega / \phi \tan \theta$) は、駆動用振動子 1 の駆動振幅 A に依存しないことより、環境温度の変化や時間の経過により駆動振幅 A が変化しても、得られる値は一定である。また、駆動振幅 A を一定にする回路等が不要となる。

【0073】 もちろん、駆動振幅 A を一定にする回路等が不要となるという記述は、駆動振幅 A を一定にする回路を否定するものではない。それどころか、駆動振幅 A を一定にする回路を用いても、次に述べるように、駆動振幅以外の環境温度の変化や時間の経過影響を除くというメリットは残るので、本実施形態は有効である。

【0074】 「駆動振幅以外の環境温度の変化や時間の経過影響を除く」というメリット：駆動振幅以外の環境温度の変化や時間の経過影響 (例えば検出用振動子 11、12 の共振周波数の変動等) として、検出用振動子 11、12 の共振周波数の変動等によって一定の力が加わったときの検出用振動子 11、12 からの出力

信号 a 、 b が変化することが考えられる。しかし、コリオリ力に起因しない慣性力とコリオリ力と同じように温度等に依存することから、上記の影響は、減算処理、加算処理で得られる信号 $S11$ と信号 $S12$ に等しく影響するために上記のように除算することによってキャンセルすることが可能となる。

【0075】このように、本実施形態においては、通常ノイズとなる慣性力を用いて、環境温度の変化や時間の経過とともに同様に变化するコリオリ力に起因しない信号とコリオリ力に起因する信号とを導出し、コリオリ力に起因しない信号を基準に、コリオリ力に起因する信号を算出することによって、絶対値として持っている 0 点や出力感度のドリフトを相対的にキャンセルし抑制することができ。

【0076】従って、本実施形態のセンサ装置では、環境温度の変化や時間の経過にともなった特性変動がなく、高精度、高信頼性が確保でき、余分な補正回路やセンサエレメント内の振動モニタ等が必要となるために低コストかつ小型化が実現できる。

【0077】(第 2 実施形態) 図 5 に本発明の第 2 実施形態に係るセンサエレメント 300 の概略平面を示す。上記図 1 に示したセンサエレメント 100 においては、検出部である検出用可動電極 14 と検出用固定電極 15 とが共に駆動用振動子 1 と一体化された可動部を構成し、駆動用振動子 1 と同様に駆動振動するものであったが、本実施形態のセンサエレメント 300 では、検出部のうち検出用固定電極 35 が、駆動振動する振動子 31、32 とは別体であり、共に駆動振動しない構成となっていることが、第 1 実施形態との主たる相違点である。

【0078】また、上記図 1 では、駆動用振動子 1 に一体に設けることにより、2 個の検出用振動子 11、12 を同一周波数で駆動振動するようにしたが、図 5 のセンサエレメント 300 では、2 個の振動子 31、32 に連結された梁構造等を工夫することにより、両振動子 31、32 を角速度軸 z と垂直方向に且つ同一周波数で駆動振動させるようにしている。

【0079】図 5 に示すセンサエレメント 300 は、例えば SOI 基板上にマイクロマシン技術を施すことにより形成された略矩形状のチップであり、基板の水平面 (本実施形態では図 5 における紙面に相当) 内で駆動振動を行う略矩形状の 2 個の振動子 31、32 を有し、両振動子 31、32 を駆動振動させて該水平面と垂直な角速度軸 z 回りに角速度 Ω が発生したときに、両振動子 31、32 に対して該水平面と平行な方向にコリオリ力が作用するようになっている。

【0080】センサエレメント 300 においては、2 個の櫛歯状の駆動用可動電極 4 は、それぞれ梁 2 により外周枠部 3 と連結され、外周枠部 3 の対向辺部に支持された櫛歯状の駆動用固定電極 5 と対向しており、また、両

駆動用可動電極 4 は支持梁 (支持棒) 2a によって一体に連結されている。ここで、梁 2 は、後述の本発明でいう可動部 38 を図 5 に示す矢印 a の方向 (駆動振動方向) にのみ振動可能とするものである。

【0081】そして、2 個の駆動用可動電極 4 の間において支持梁 2a の両側には、2 個の振動子 31、32 が配置され、各々例えば 4 本の検出用梁 33 によって駆動用可動電極 4 に連結されている。ここで、振動子 31 は本発明でいう第 1 の検出用振動子、振動子 32 は本発明でいう第 2 の検出用振動子に相当する。

【0082】こうして、駆動用可動電極 4、支持梁 2a、振動子 31、32 及び検出用梁 33 は互いに一体化され、本発明でいう可動部 38 を構成する。ここで、検出用梁 33 は角速度 Ω の入力時、各振動子 31、32 を、それぞれ可動部 38 の他の部分とは独立に、図 5 に示す一点線 $a1$ 、 $a2$ 方向 (検出振動方向) にのみ検出振動させることが可能となっている。

【0083】この可動部 38 は、上記第 1 実施形態と同様に、回路手段 200 によって両駆動用電極 4、5 に静電力を作用させることにより、梁 2 の弾性力によって可動部 38 全体を水平面内において図 5 に示す a 方向に駆動振動させることができるようになっている。なお、厳密に言えば、可動部 38 における両振動子 31、32 の駆動振動方向は、図 5 に示す a 方向からややずれるが、実質的には両振動子 31、32 の駆動方向は図 5 に示す a 方向として問題ない。

【0084】また、2 個の振動子 31、32 には、それぞれ例えば 2 本の連結梁 36 によって櫛歯状の検出用可動電極 34 が連結されており、検出用可動電極 34 の櫛歯の隙間には、櫛歯状の検出用固定電極 35 が離間対向して設けられている。この検出用固定電極 35 は、外周枠部 3 において両駆動用電極 4、5 が存在する対向辺部以外の対向辺部に支持されている。

【0085】また、検出用可動電極 34 には、この検出用可動電極 34 が図 5 に示す $a1$ 及び $a2$ 方向とそれぞれ垂直な方向に変位しないように抑制するための駆動振動抑制梁 37 が設けられている。こうして、本実施形態では、各振動子 31、32 は、それぞれ各梁及び検出部 33~37 との組み合わせによって一つの加速度センシング部 30、40 をなした形となっている。

【0086】そして、2 個の振動子 31、32 は、上記可動部 38 の駆動振動時において、図 5 に示す a 方向に振動する。そして、角速度軸 z 回りの角速度 Ω の入力時、これら振動子 31、32 には、この駆動動作にともない、慣性力とコリオリ力が加わることとなる。

【0087】ここで、それら力の総合によって振動子 31、32 は上記水平面 (図 5 の紙面) 内で変位するが、検出用可動電極 34 には、それぞれ図 5 に示す $a1$ 、 $a2$ 方向の変位のみしか伝わらない。すなわち、 $a1$ 、 $a2$ 方向の変位動作 (振動子 31、32 の検出振

動)は連結梁36を通して検出用可動電極34を変位させることとなるが、それと垂直方向の変位は、駆動振動抑制梁37によって抑えられる。

【0088】従って、図5に示すセンサエレメント300においても、2個の振動子31、32における各々の検出振動の方向(検出方向)a1、a2を、a0方向(駆動振動方向)と垂直なコリオリ力の作用方向Kに対して角度θだけずらした独自の構成として、紙面に対して垂直方向の角速度軸z回りの角速度Ωを検出するようになっている。

【0089】このセンサエレメント300からの出力としては、上記第1実施形態と同様の考えに基づくと、下記の数式4のように異なる2個の出力信号、即ち、一方の振動子31からの信号aaと他方の振動子32からの信号bbとが発生する。これら出力信号aa、bbは両検出用電極34、35間のa1及びa2方向の距離変化による容量変化として検出できる。

【0090】

$$\begin{aligned} \text{【数4】 } aa &= A\phi^2 \sin\phi t \cdot \sin\theta - 2\Omega A\phi \cos\phi t \cdot \cos\theta + \alpha \\ bb &= A\phi^2 \sin\phi t \cdot \sin\theta + 2\Omega A\phi \cos\phi t \cdot \cos\theta + \alpha \end{aligned}$$

ここで、各出力信号の右辺において、第1項は、慣性力の項、第2項はコリオリ力の項である。上記第1実施形態には無かった第3の項αは、駆動振動のものが検出用可動電極34を変位させることによる。αは駆動振幅Aの変動に対しては他の項と同様に変化するために問題はないが、検出用梁33のばね定数の変化等の検出側の変動に対しては誤差となる。

【0091】このαによる誤差の問題に対しては、例えば検出用梁33の共振周波数等、検出側の共振周波数を駆動周波数と一致もしくは近傍に設定することにより、検出振動の振幅を大きくでき検出振動方向の慣性力及びコリオリ成分を大きくできるため、上記第1、第2の項を共振率分、拡大することが可能である。そのようにすれば、相対的にαの項が小さくなり、誤差も低減できる。

【0092】このように、本実施形態におけるセンサエレメント300の構成によっても、上記図4と同様の回路部200(符号の関係で、加算と減算が逆になる)を用いることで、上記第1実施形態と同様の効果が得られる。

【0093】また、図5のようにセンサエレメント300を構成すれば、可動部38をすべて同一の電位で形成することが可能となり、上記図1のように加速度センシング部を搭載する構造に対してプロセスが容易、電氣的カップリングが小さいという利点がある。

【0094】(第3実施形態)上記第1及び第2実施形態のセンサエレメント100、300においては、2つの振動子11及び12、31及び32を共通の駆動用電

極4、5にて同一方向に駆動振動させている。

【0095】ここで、図6に示す本実施形態のセンサエレメント400の様に、梁2によって外周枠部3に懸架された2個の駆動用振動子1a、1bに、それぞれ検出用振動子11、12を含む上記加速度センシング部10、20を設け、両駆動用振動子1a、1bの間に連成振動用梁6を設け、これによって両駆動用振動子1a、1bを連成振動させることも可能である。

【0096】この構成では、駆動振動の方向として、2つの駆動用振動子1a、1bを同相で駆動することも、逆相で駆動することも可能である。それによって、上記第1実施形態にて述べたのと同様に、各加速度センシング部10、20から角速度軸z回りの角速度Ωを検出することができ、上記第1実施形態と同様の作用効果を奏することができる。

【0097】また、本実施形態は、センサエレメント400として、角速度軸zに対して垂直方向に駆動振動する2個の第1の振動子(駆動用振動子)1a、1bと個々の第1の振動子1a、1bの内部に梁13で連結された第2の振動子(検出用振動子)11、12と、角速度が入力されたときに第2の振動子11、12に加わるコリオリ力を検出する検出部14、15とを備え、かつ、2個の第1の振動子1a、1bが連成振動用梁6で連結されており、コリオリ力が加わったときに第2の振動子11、12に発生する検出振動の方向がコリオリ力の作用する方向に対してずれるものを採用している。

【0098】これにおいて、両第1の振動子1a、1bを連成振動可能に結合する連成振動用梁6は2個以上でも良い。また、第1の振動子は3個以上でもよい。その場合、複数列の第1の振動子の少なくとも2個が少なくとも1個の連成振動用梁で連結されていなければならない。

【0099】それによって、少なくとも2個の第1の振動子同士が連成振動用梁で連結されているため振動系は連成振動系となり、駆動振幅が極大となる駆動力の周波数は、該連成振動用梁で連結された第1の振動子において同じ値(固有振動数)となる。角速度センサでは、駆動振幅を大きくするために固有振動数で振動させることが多いが、連成振動系を作ることにより、振幅を一致(または近い値に)させるのが容易となる。

【0100】なお、本構成では、加速度センシング部10、20を含む両駆動用振動子1a、1b及び連成振動用梁6が可動部41に相当し、また、図6の破線で囲んだ2つの部分を、各々一つのセンサエレメントユニット(第1のユニット401及び第2のユニット402)とみなすことができる。また、図6中の矢印a0、a1、a2は、図1に示す矢印a0、a1、a2に相当するものである。

【0101】(第4実施形態)本第4実施形態は、上記第3実施形態とセンサエレメントの構造は全く同じである。本実施形態と第3実施形態との違いは、両駆動用振

動子 1a、1b の駆動振幅の不一致に対処するための信号の処理方法である。本実施形態の信号の処理方法を以下に述べる。従って、以下の説明は、上記図 6 に示すセンサエレメント 400 によるものである。

【0102】(本実施形態の信号処理の考え方と信号処理方法) 検出用振動子 11、12 は、それぞれの駆動用振動子 1a、1b の駆動振動時において、角速度軸 z 回りの角速度の非入力時 ($\Omega = 0$ のとき) には、それぞれの駆動用振動子 1a、1b と同様に駆動振動する。そして、角速度軸 z 回りの角速度 Ω の入力時には、基板の水平面 (図 6 中の紙面に相当) と平行であって且つ角速度軸 z 及び駆動振動方向 (a0 方向) と直交する方向に発生するコリオリ力の作用により、各検出用振動子 11、12 は、それぞれ図 6 に示す a1、a2 の方向に振動する (検出振動)。

【0103】角速度センサでは、出力信号を大きくするために、駆動力の周波数を振動系の固有振動数と一致 (またはほぼ一致) させて (いわゆる共振を利用し) て、振動させることが良く行われる。上記第 3 実施形態では、2 個の駆動振動子 1a、1b が、連成振動用梁 6 で結ばれている。従って、加工誤差によって左右対称な振動子構造ができなかったとしても、両駆動用振動子 1a、1b の振振の周波数特性は同じ周波数 (固有振動数) でピーク (極大値) を持つ。従って、共振を利用した場合、両振動子 1a、1b の振振は、近い値になる。しかし、厳密には一致しない。

【0104】また、共振を利用しないで振動させる場合でも、加工誤差があって、左右対称な振動子構造ができなかった場合には、両振動子 1a、1b の駆動振振は、一般的には厳密には一致しない。以下に述べる本実施形態の信号処理の方法は、このような両駆動用振動子 1a、1b の駆動振振の不一致に対処する方法である。

【0105】本実施形態においても、上記第 1 実施形態と同様、2 個の検出用振動子 11、12 における各々の検出振動の方向 (検出方向) a1、a2 を、a0 方向 (駆動振動方向) と垂直なコリオリ力の作用方向に対して角度 θ だけずらした独自の構成として、角速度軸 z 回りの角速度 Ω を検出しようとしている。このようなセンサエレメント 400 の働きは、第 1 実施形態と同様、上記図 3 (第 1 の検出用振動子 11 に作用する力を説明する図) を参照して説明できる。

【0106】駆動用振動子 (第 1 の駆動用振動子) 1a とともに第 1 の検出用振動子 11 が $x1 = Aa \sin \phi t$ (x1: 変位、Aa: 駆動振振、 $\sin \phi t$: 位相) で a0 方向に駆動振動しているとする。角速度軸 z 回りの角速度 Ω が入力されたとき、第 1 の検出用振動子 11 に対して、駆動振動方向と平行に慣性力 F_i が作用し、駆動振動方向と直交する方向 K にコリオリ力 F_c が作用する。

【0107】ここで、梁 13 によって第 1 の検出用振動

子 11 の検出振動の方向が a1 方向に規定されているため、慣性力は $F_i \cdot \sin \theta$ 成分のみ (図 3 (a) 参照)、コリオリ力は $F_c \cdot \cos \theta$ 成分のみ (図 3

(b) 参照)、各々検出することができる。図 6 における第 1 の検出用振動子 11 の質量を m、第 1 の検出用振動子 11 に加わる加速度を a、角速度を Ω とすると、第 1 の検出用振動子 11 にて検出される慣性力 F_{ai} 及びコリオリ力 F_{ac} は、下記の数式 5 のようになる。

【0108】

【数 5】

$$F_{ai} = ma = -mAa\phi^2 \sin \phi t \cdot \sin \theta$$

$$F_{ac} = 2m\Omega Aa\phi \cos \phi t \cdot \cos \theta$$

また、第 2 の検出用振動子 12 に対しても同様に考えれば、第 2 の検出用振動子 12 にて検出される慣性力 F_{bi} 及びコリオリ力 F_{bc} は、下記の数式 6 のようになる。

【0109】

【数 6】

$$F_{bi} = -mAb\phi^2 \sin \phi t \cdot \sin (-\theta)$$

$$= mAb\phi^2 \sin \phi t \cdot \sin \theta$$

$$F_{bc} = 2m\Omega Ab\phi \cos \phi t \cdot \cos (-\theta)$$

$$= 2m\Omega Ab\phi \cos \phi t \cdot \cos \theta$$

ここで、Ab は、第 2 の駆動用振動子 1b および第 2 の検出用振動子 12 の駆動振振である。

【0110】これらの力は、各検出用振動子 11、12 の検出振動において各々図 6 に示す a1、a2 方向の変位となつて現れ、検出部としての両検出用電極 14、15 の側面間の距離変化が発生し、両検出用電極 14、15 間の容量変化として検出することができる。すなわち、2 つの検出用振動子 11、12 および検出部 14、15 からは、センシングした加速度として下記の数式 7 に示す 2 つの信号 aa および bb が得られることとなる。

【0111】

$$【数 7】aa = -Aa\phi^2 \sin \phi t \cdot \sin \theta + 2\Omega Aa\phi \cos \phi t \cdot \cos \theta$$

$$bb = Ab\phi^2 \sin \phi t \cdot \sin \theta + 2\Omega Ab\phi \cos \phi t \cdot \cos \theta$$

ここで、上記第 1 実施形態では、出力信号 aa、bb をそのまま、減算、加算したが、本実施形態ではその前に次のような操作を行う。すなわち、aa、bb に対して、各々下記の数式 8 に示す操作を行う。

【0112】

$$【数 8】aa' = aa \times Ab \times C$$

$$bb' = bb \times Aa \times C$$

(C: 定数)

この操作は、例えば、上記回路部 200 に増幅回路を設け、この増幅回路を用いて行うことができる。なお、もちろん上記第 1 実施形態でも信号の増幅を行うことがあるが、この場合、2 個の検出部 (加速度センシング部 1

0の検出部14、15と加速度センシング部20の検出部14、15)からの各信号の増幅率は等しい(またはほぼ等しい。))。

【0113】本実施形態では、これら2個の検出部の信号の増幅率が異なることが特徴である。ここで、2個の検出部の信号の増幅率は、それぞれ $A \times b \times C$ 、 $A \times C$ であり、2個の検出部14、15における互いの出力信号振幅を、共に $A \times A \times b \times C$ として予め等しくなるようにゲインを調整する。このようにして、本実施形態における角速度センサ装置においては、センサエレメント400から異なる2個の出力信号、即ち第1の検出用振動子11からの信号 $a \cdot a'$ と第2の検出用振動子12からの信号 $b \cdot b'$ とが発生する。

【0114】次に、得られた2個の出力信号 $a \cdot a'$ 、 $b \cdot b'$ を、上記回路部200にて処理し出力を得るのであるが、その演算処理方法を、図7に示す本実施形態の回路部200の説明図を使って説明する。2個の出力信号 $a \cdot a'$ 、 $b \cdot b'$ の処理方法は、基本的には、上記図4と同様である。

【0115】即ち、図7に示す様に、まず、2個の出力信号 $a \cdot a'$ 、 $b \cdot b'$ を減算、加算することによって、それぞれ信号 $S11$ 、 $S12$ が得られる。信号 $S11$ はコリオリ力に起因しない慣性力に、信号 $S12$ はコリオリ力に起因した信号である。この2つの信号 $S11$ 、 $S12$ のピーク値を検出し、得られた信号 $S21$ 、 $S22$ 同士を除算してその強度比をとることによって、最終的に、 $2\Omega/\phi \tan \theta$ の出力が角速度センサ装置の検出値として得られる。

【0116】図7に示す様に、本実施形態の回路部200は、第1および第2の検出用振動子11、12の各々の出力信号 $a \cdot a'$ 、 $b \cdot b'$ を入力して減算により慣性力を算出する慣性力算出手段(信号 $S11$ 及び信号 $S21$ を算出する部分)と、第1および第2の検出用振動子11、12の各々の出力信号 $a \cdot a'$ 、 $b \cdot b'$ を演算することによりコリオリ力を含む値を算出するコリオリ力算出手段(信号 $S12$ 及び信号 $S22$ を算出する部分)と、慣性力算出手段からの信号(信号 $S21$)とコリオリ力算出手段からの信号(信号 $S22$)に基づいて演算を行うことによって角速度を算出する角速度算出手段(除算して出力を算出する部分)と、を備えている。

【0117】ここで、上記第1実施形態と同様に、センサエレメント400を作製後、一定の角速度における出力を測定しておくことにより角速度 Ω が算出可能である。また ϕ と θ は既知であるから、その値を用いて角速度 Ω を算出することが可能である。

【0118】また、上記第1実施形態と同様に、最終的に得られる出力($2\Omega/\phi \tan \theta$)は、第1の駆動用振動子1aの駆動振幅Aおよび第2の駆動用振動子1bの駆動振幅Bに依存しないことより、環境温度の変化や時間の経過により駆動振幅AおよびBが変化し

ても、得られる値は一定である。また、駆動振幅AおよびBを一定にする回路等が必要となるとともに、上記した「駆動振幅以外の環境温度の変化や時間の経過影響を除くというメリット」も有する。

【0119】このように、本実施形態においても、通常ノイズとなる慣性力を用いて、環境温度の変化や時間の経過とともに同様に変化するコリオリ力に起因しない信号とコリオリ力に起因する信号とを導出し、コリオリ力に起因しない信号を基準に、コリオリ力に起因する信号を算出することによって、絶対値として持っている0点や出力感度のドリフトを相対的にキャンセルし抑制することができる。

【0120】また、本実施形態によれば、各検出部14、15における互いの出力信号 $a \cdot a'$ 、 $b \cdot b'$ の振幅を予め等しくなるようにゲインを調整しているから、両駆動用振動子1a、1bの駆動振幅の不一致が存在しても、調整された各信号 $a \cdot a'$ 、 $b \cdot b'$ を演算することによって、コリオリ力による信号を精度良く得ることができる。

【0121】ところで、本第4実施形態において、駆動振動子1a、1bの両振動子の駆動振幅の不一致に対処する方法としては、この他にも、例えば、次の2つの方法がある。(1) 予め両振動子1a、1bの駆動振幅が同じになるように、両方の振動子1a、1bの駆動電圧を調整する方法。(2) 振動モータを用いて、駆動振幅、駆動振動速度等をモニタし、その情報をを用いて駆動振幅にフィードバックをかけ、駆動振幅を両振動子1a、1bで同じにして、かつ時間変化もしないようにする方法。これら(1)及び(2)の方法については、各々、後述の第6実施形態、第8実施形態を参照すればよい。

【0122】(第5実施形態) 上記第1〜第4実施形態におけるセンサエレメント100、300、400においては、振動子等の梁をコリオリ力の発生する方向から θ だけ傾けて形成しているが、振動子の梁の長さや幅を非対称に変える等、梁のばね定数を変化させることで駆動方向と検出方向の角度を90度からずらすこともよい。

【0123】図8は、そのような技術的思想に基づいて振動子の駆動振動用の梁の長さを変えたセンサエレメント500の概略平面図である。本センサエレメント500は、上記図6と同様、加速度センシング部10、20を含む両駆動用振動子1a、1bが連成振動用梁6を挟んだ形の可動部51を有するが、加速度センシング部10、20は、可動部51を外周枠部3に連結する一対の梁501、502に対して平行としている。

【0124】このセンサエレメント500の上面に磁石(図示せず)を配置し、回路部200(図2参照)によって駆動用配線503に電流を流すことで、図8に示す一点鎖線c1及びc2方向に駆動用の力が発生する。ここで、駆動振動の軸c1、c2を挟んで設けられた梁5

01と梁502の長さを変えている（なお、太さを変えてもよい）ために、各駆動用振動子1a及び1bは、それぞれ図8に示す点鎖線b1及びb2方向に変位する（駆動振動する）。

【0125】そして、このb1及びb2方向を振動軸として駆動振動している時に角速度 ω 回りに角速度 Ω が入力されると、b1及びb2方向と直交するK方向にコリオリ力が作用し、各駆動用振動子1a及び1bにそれぞれ設けられた検出用振動子11、12は、梁13によって各々図8に示すa1、a2方向に検出振動を行う。このようにして、容易に駆動振動方向b1、b2と検出振動方向a1、a2との角度を90度からずらすことができる。本実施形態においても、上記第1実施形態と同様の作用効果を奏することができる。

【0126】なお、本第5実施形態で、静電駆動を用いずに電磁駆動で説明したは、このように駆動振動b1、b2の方向が斜めにずれる場合、駆動振動中に駆動用歯番4、5の間隔が変化し、歯番がぶつかったりする問題があるからである。しかし、歯番がぶつかってもそのことが問題にならない場合も多くあり、従って、本実施形態の駆動方法を静電駆動に変えた方法ももちろん有効である。

【0127】（第6実施形態）図9に、本発明の第6実施形態に係る角速度センサ装置のセンサエレメント450の概略平面図を示す。本実施形態は、上記第1実施形態及び上記第3実施形態とは、主に次の点で異なっている。

【0128】上記第1実施形態では、駆動用振動子1は、2個の略矩形状の検出用振動子、即ち第1の検出用振動子11及び第2の検出用振動子12を有しており、その2個の検出用振動子による信号を演算して、角速度信号を得ている。一方、本実施形態では、駆動用振動子が第1の駆動用振動子1aと第2の駆動用振動子1bの2個あり、それぞれに検出用振動子11、12が1個ずつあることが主に第1実施形態と異なっている。

【0129】また、上記第3実施形態（図6参照）と比較した場合、第3実施形態のセンサエレメント400では両駆動用振動子1a、1bが連成振動用梁6で連結された構造（両振動子連結構造）であるのに対し、本実施形態では、図9に示す様に、連成振動用梁6が存在しない構造（両振動子独立構造）であることが主に異なっている。つまり、本実施形態の可動部41は、第3実施形態から連成振動用梁6を除いたものである。

【0130】各駆動用振動子1a、1b（検出用振動子11、12も含む）は、図9中のa0軸方向にそれぞれ駆動振動する。ここで、本実施形態では、駆動振動は2個の駆動用振動子1a、1bで等しく（あるいはほぼ等しく）なるように、予め2個の駆動振動子1a、1bの駆動電圧を調整しておき、第1実施形態と同様に作動させる。このように2個の駆動用振動子1a、1bの駆動

振幅が異なる理由としては、加工誤差等が考えられる。なお、加工誤差等がない場合には、両駆動用振動子は同じ駆動電圧で同じ振幅の振動をするから、このような駆動電圧の調整は不要である。

【0131】本実施形態のように、駆動振動を行う両振動子1a、1bの駆動振幅を調整すれば、たとえ両振動子1a、1b間に加工誤差があっても、複数の信号を演算（例えば加算若しくは減算）することによって、コリオリ力による信号を精度良く得ることができ、なお、角速度信号を得るための演算方法は、上記第1実施形態（図4参照）と同様である。

【0132】また、本実施形態のような両振動子独立構造においては、上記第3実施形態と同様に、駆動振動の方向として、2つの駆動用振動子1a、1bを同相で駆動すること、逆相で駆動することも可能である。それによって、上記第1実施形態にて述べたのと同様に、各加速度センシング部10、20から角速度 ω 回りの角速度 Ω を検出することができ、上記第1実施形態と同様の作用効果を奏することができる。

【0133】また、上記第3実施形態との比較において、本実施形態では、連成振動用梁6が存在しない。このことによって、2個の駆動用振動子1a、1bの配列がチップ内で自由になるというメリットがある（なお、ここでいう配列の自由度とは、主に並進の自由度を指す）。

【0134】また、2個の駆動用振動子1a、1bは別のチップ上にあってもよい。2個の駆動用振動子1a、1bを別チップにできれば、歩留まりの上でも有利である。また、装置（センサアッシー）をコンパクトに小型化することもできる。2個の駆動用振動子1a、1b（両ユニット401、402）が別のチップ1000、1001にあるセンサエレメント450を概略平面図として図10に示す。なお、両チップ1000、1001を積層するように重ねて配置しても良く、この場合には、装置の層数の小型化が図れる。

【0135】ところで、本実施形態において、2個の駆動用振動子1a、1bの駆動電圧を等しく（またはほぼ等しく）する調整は、上記第1実施形態で述べている

「駆動振幅Aを一定にする回路」とは異なる。従って、第1実施形態で述べている「駆動振幅Aを一定にする回路等が不要となる」というメリットは損なわれない。

【0136】これらの回路の違いについて次に述べる。まず、第1実施形態で述べた「駆動振幅Aを一定にする回路」とは、センサの動作中に駆動振動の振幅や速度をモニタし、駆動電圧にフィードバックをかけることにより、駆動振幅を一定にする回路のことである。

【0137】一方、本実施形態における「駆動振幅Aを一定にする調整」とは、出荷前に、2個の駆動振動子1a、1bの駆動振幅を計測して、それらが同じになるように、2個の駆動振動子1a、1bの駆動電圧の片方

たは両方の値を調整することである。従って、センサ動作中に駆動振動の振幅や駆動振動の速度をモニタし、駆動電圧にフィードバックをかけることはしない。

【0138】もちろん、動作中には、環境温度の変化や時間の経過等により、それぞれの駆動振動子1a、1bの駆動振幅Aa、Abは変化する。しかし、これら駆動振幅の変化は2つの駆動振動子1a、1b間ではほぼ同じ（例えば、Aaが1.2倍になれば、Abもほぼ1.2倍になる）であるから、動作中も常にAaとAbはほぼ等しいことになる。

【0139】従って、上記第1実施形態にて述べた「駆動振幅Aを一定にする回路等が必要となる」というメリットは、本実施形態においても発揮される。さらに、上記第1実施形態にて述べた「駆動振幅以外の振動速度の変化や時間の経過影響を除くというメリット」は、本実施形態においても発揮される。

【0140】このように、本実施形態においても、通常ノイズとなる慣性力を用いて、環境温度の変化や時間の経過とともに同様に変化するコリオリ力に起因しない信号とコリオリ力に起因する信号とを導出し、コリオリ力に起因しない信号を基準に、コリオリ力に起因する信号を算出することによって、絶対値として持っている0点や出力感度のドリフトを相対的にキャンセル抑制することができる。

【0141】従って、上記第1実施形態と同様、本実施形態のセンサ装置では、環境温度の変化や時間の経過にともなった特性変動がなく、高精度、高信頼性が確保でき、余分な補正回路やセンサエレメント内の振動モニタ等が必要となるために低コストかつ小型化が実現できる。

【0142】ところで、図9では、両駆動用振動子1a、1bの駆動方法として静電駆動の方法を用いているが、図11に示す様に電磁駆動を用いる方法がある。これは、上記第5実施形態と同じ駆動用配線503を用いるものである。その方法を説明する。センサエレメント450を構成する基板上に、アルミニウム、白金、チタン等の金属等よりなる駆動用配線503を配置して、この配線503に電流を流す。同時に、永久磁石または電磁石等によって、該基板上に垂直な方向（図11中の紙面垂直方向）に磁場をかける。

【0143】該配線503に流す電流が周期的に変化するもの（例えば、正弦波、矩形波）であれば、両駆動用振動子1a、1bは駆動振動する。そして、角速度信号を得るための演算方法（検出方法）は、上に述べた方法と同じである。この電磁駆動は、静電駆動に比べて一般に駆動力が大きいという利点がある。

【0144】以上のように、本実施形態は、センサエレメント450として、角速度軸に対して垂直方向に駆動振動する2個の第1の振動子（駆動用振動子）1a、1bと、各々の第1の振動子1a、1bの内部に梁13で

連結された第2の振動子（検出用振動子）11、12と、角速度が入力されたときに第2の振動子11、12に加わるコリオリ力を検出する検出部14、15を備え、かつ、2個の第1の振動子1a、1b同士が連結されておらず独立しており、コリオリ力が加わったときに第2の振動子11、12に発生する検出振動の方向がコリオリ力の作用する方向に対してずれているものを採用している。ここにおいて、第1の振動子1a、1bは3個以上でもよい。

10 【0145】複数個の第1の振動子1a、1bを連結せずに独立させることにより、各第1の振動子のチップ内での配置が自由になり、チップの小型化が可能である。これは、単純には低コストになるし、歩留まりも向上する。また、各第1の振動子を連結しないことにより、図10に示したように、複数の第1の振動子をそれぞれ別のチップ1000、1001上に配置することも可能であり、これも歩留まり向上に役立つ。

【0146】さらに、複数個の第1の振動子1a、1bを連結しないということは、これら第1の振動子を連結するための梁（例えば、上記図6中の達成振動用梁6）を設けなくても良いことであるから、個々の第1の振動子の周囲に駆動手段（駆動用電極等）を、簡単に複数個とりつけることができる。従って、駆動力を大きくすることができて非常に有利である。

【0147】例えば、本第6実施形態において、図9では、駆動用の歯歯電極4、5が、駆動用振動子1a、1bのそれぞれの片側にしかないが、後述する第8実施形態にて示す図12の様に両側にあってもよい。つまり、該図12に示す様に、駆動用振動子1a、1bのそれぞれの片側に位置する駆動用歯歯電極4、5に加えて、他側に駆動用可動電極4'と駆動用固定電極5'とからなる駆動用歯歯電極4'、5'を設けることができる。それにより、駆動力の増大化が図れる。

【0148】（第7実施形態）本第7実施形態は、上記第6実施形態とセンサエレメントの構造（両振動子独立構造）は全く同じである。本実施形態と第6実施形態との違いは、両駆動用振動子1a、1bの駆動振動の不一致に対処するための信号の処理方法である。つまり、第6実施形態では、2個の駆動用振動子1a、1b（検出用振動子11、12を含む）の駆動振幅が等しく（あるいはほぼ等しく）なるようにあらかじめ調整しておいたが、本実施形態はそれを行わない。

【0149】本実施形態では、2個の駆動用振動子1a、1bの駆動振幅が異なる場合に対処するものであるが、両駆動振動子が異なる理由としては、加工誤差等が考えられる。加工誤差等がなく、両振動子1a、1bの駆動振幅がほぼ一致する場合には、両振動子1a、1bは、同じ駆動電圧で同じ振動の駆動振動を行うから、以下に述べるような処理が必要になることもあるが、一般的には、加工誤差は必ず存在し、2個の駆動用振動子1

a、1bの駆動振幅は異なる。従って、本実施形態は常に有効である。

【0150】本実施形態の信号の処理方法を以下に述べる。以下の説明は、上記図9に示すセンサエレメント450によるものである。なお、本実施形態は、上記図10、図11及び図12のセンサ装置に適用できることは勿論である。また、本実施形態の信号処理方法は、上記第4実施形態のものと基本的には同じであるため、その説明は簡略化して述べることにする。

【0151】(本実施形態の信号処理方法) 検出用振動子11、12は、それぞれの駆動用振動子1a、1bの駆動振動時において、角速度の非入力時には、それぞれの駆動用振動子1a、1bと同様に、図9中のa0方向へ駆動振動する。そして、角速度の入力時には、各検出用振動子11、12は、それぞれ図9中のa1、a2の方向に振動する(検出振動)。ここで、本実施形態においても、2個の検出用振動子11、12における各々の検出方向a1、a2を、a0方向(駆動振動方向)と垂直なコリオリ力の作用方向Kに対して角度θだけずらした独自の構成としている。

【0152】第1の駆動用振動子1aとともに第1の検出用振動子11が、変位 $Aa \sin \phi t$ (Aa:駆動振幅、 $\sin \phi t$:位相)でa0方向に駆動振動し、第2の駆動用振動子1bとともに第2の検出用振動子12が、変位 $Ab \sin \phi t$ (Ab:駆動振幅、 $\sin \phi t$:位相)でa0方向に駆動振動しているとする。

【0153】上記第4実施形態と同様に考えると、第1の検出用振動子11において検出される慣性力 F_{ai} 及びコリオリ力 F_{ac} 、第2の検出用振動子12において検出される慣性力 F_{bi} 及びコリオリ力 F_{bc} 、及び、センシングした加速度としての信号aaおよびbbは、第4実施形態と同様に、下記の数式9に示される。

【0154】

$$\begin{aligned} \text{【数9】 } F_{ai} &= -mAa\phi^2 \sin \phi t \cdot \sin \theta \\ F_{ac} &= 2m\Omega Aa\phi \cos \phi t \cdot \cos \theta \\ F_{bi} &= mAb\phi^2 \sin \phi t \cdot \sin \theta \\ F_{bc} &= 2m\Omega Ab\phi \cos \phi t \cdot \cos \theta \\ aa &= -Aa\phi^2 \sin \phi t \cdot \sin \theta + 2\Omega Aa\phi \cos \phi t \cdot \cos \theta \\ bb &= Ab\phi^2 \sin \phi t \cdot \sin \theta + 2\Omega Ab\phi \cos \phi t \cdot \cos \theta \end{aligned}$$

ここで、上記数式9中、mは第1の検出用振動子11及び第2の検出用振動子の質量、 Ω は第1の検出用振動子11及び第2の検出用振動子12に加わる角速度である。そして、上記第4実施形態と同様に、aa、bbに対して、各々下記の数式10に示す操作を行う。

【0155】

$$\begin{aligned} \text{【数10】 } aa' &= aa \times Ab \times C \\ bb' &= bb \times Aa \times C \\ (C: \text{定数}) \end{aligned}$$

この操作は、上記第4実施形態と同様に、例えば増幅回路を用いて行うことができる。本実施形態でも、これら2個の検出部の信号の増幅率が異なることが特徴である。2個の検出部の信号の増幅率は、それぞれ $Ab \times C$ 、 $Aa \times C$ であり、2個の検出部14、15における互いの出力信号振幅を、共に $Aa \times Ab \times C$ として予め等しくなるようにゲインを調整する。

【0156】このようにして、本実施形態における角速度センサ装置においては、センサエレメント450から振幅の等しい2個の出力信号、即ち第1の検出用振動子11からの信号aa'と第2の検出用振動子12からの信号bb'とが発生する。そして、これら信号aa'及びbb'を、上記図7に示す様に、演算処理し、最終的に、 $2\Omega/\phi \tan \theta$ の出力を角速度センサ装置の検出値として得る。

【0157】なお、本実施形態においても、センサエレメント450を作製後、一定の角速度における出力を測定しておくことによって角速度 Ω が算出可能である。また ϕ と θ は既知であるから、その値を用いて角速度 Ω を算出することが可能である。

【0158】また、上記第4実施形態と同様に、最終的に得られる出力($2\Omega/\phi \tan \theta$)は、第1の駆動用振動子1aの駆動振幅Aaおよび第2の駆動用振動子1bの駆動振幅Abに依存しないことより、環境温度の変化や時間の経過により駆動振幅AaおよびAbが変化しても、得られる値は一定である。また、駆動振幅AaおよびAbを一定にする回路等が不要となることも、「駆動振幅以外の環境温度の変化や時間の経過影響を除く」というメリットも有する。

【0159】このように、本第7実施形態においても、通常ノイズとなる慣性力を用いて、環境温度の変化や時間の経過とともに同様に変化するコリオリ力に起因しない信号とコリオリ力に起因する信号とを導出し、コリオリ力に起因しない信号を基準に、コリオリ力に起因する信号を算出することによって、絶対値として持っている0点や出力感度のドリフトを相対的にキャンセルし抑制することができる。

【0160】(第8実施形態) 図12に、本発明の第8実施形態に係る角速度センサ装置のセンサエレメント450の概略平面図を示す。本実施形態は、上記第6実施形態の構造(両振動子独立構造、図9参照)を基本としたものであるが、該第6実施形態と比較して主に次の2点が異なっている。

【0161】(1) 構造面の違いとして、2個の駆動用振動子1a、1bに駆動振動モータ用電極(楔歯構造)4'、5'が存在する。なお、繰り返しとなるが上記第6実施形態の最終段にて述べたように、駆動振動モータ用電極4'、5'は駆動用の電極として用いても良い。

【0162】(2) 動作の違いとしては、上記第6実施形態では、駆動振幅が2個の駆動用振動子1a、1bで

等しく(あるいはほぼ等しく)なるようにあらかじめ2個の駆動振動子1a、1bの駆動電圧を調整している。しかし、本実施形態では、そのような駆動電圧の調整は行わず、駆動振動モータ用電極4'、5'を用いて、両振動子1a、1bの駆動振動の振幅を検出する。

【0163】そして、駆動振幅が両駆動振動子1a、1bで同じになるように、回路部200によって、両駆動振動子1a、1bの駆動電圧をフィードバック制御する。さらに、環境温度の変化や時間の経過影響による駆動振動の変化に対してもそれを検知して、駆動振動の時間変化を防ぐことも可能である。なお、角速度信号を得るための演算方法は、上記第1実施形態(図4参照)と同様である。

【0164】もちろん、このようなモニタ用の電極4'、5'を設けることによって、上記第1及び第6実施形態の「駆動振幅Aを一定にする回路等が不要となる。」というメリットは失われる。しかし、第1実施形態に書かれている「駆動振幅以外の環境温度の変化や時間の経過影響を除くというメリット」は依然失われない。

【0165】ここで、図12に示す左右の両駆動振動子1a、1bにおいて、ともに駆動用電極が4及び5であり、駆動振動モータ用電極が4'及び5'であるとしてきた。しかし、この関係は逆でもよい。つまり、駆動用電極が4'及び5'であり、駆動振動モータ用電極が4及び5であるとしてもよい。

【0166】また、一方の振動子のみこの関係を逆転させてもよい。つまり、図12中、「左側の第1の駆動振動子1aにおいては、駆動用電極が4、5であって駆動振動モータ用電極が4'、5'であるが、右側の第2の駆動振動子1bにおいては駆動用電極が4'、5'であって駆動振動モータ用電極が4、5である」としてもよいし、「右側振動子1bにおいては駆動用電極が4、5であって駆動振動モータ用電極が4'、5'であるが、左側振動子1aにおいては駆動用電極が4'、5'であって駆動振動モータ用電極が4、5である」としてもよい。

【0167】また、図12では、駆動振動モータ用電極4'、5'として、櫛歯電極による静電検出を用いた「静電駆動、静電振動モニタ」の構成としているが、その他にも、「駆動振動子1a、1b外に配置された永久磁石または電磁石と駆動振動子上の配線との相互作用により駆動振動子上の配線に生じる誘導起電力を検出する電磁検出」の方法が可能である。また、圧電検出等の方法が可能である。

【0168】この電磁検出により、両振動子1a、1bの駆動振動の振幅をモニタする例を図13に示す。図13では、櫛歯状の電極4、5を駆動用電極とし、各駆動振動子1a、1bにおいて駆動用電極4、5とは反対側に、上記した駆動用配線503を形成し、この配線5

03を駆動振動モータ用電極としたものである。つまり、「静電駆動、電磁駆動モニタ」の構成としている。

【0169】なお、この関係は逆であっても良く、配線503を駆動用電極とし、櫛歯状の電極4、5を駆動振動モータ用電極とした「電磁駆動、静電振動モニタ」の構成としてもよい。また、「左の振動子1aは、電磁駆動、静電振動モニタ、右の振動子1bは、静電駆動、電磁駆動モニタ」の構成としてもよい。さらには、図14に示す様に、両駆動振動子1a、1bともに、駆動用配線503及び503'を用いて「電磁駆動、電磁振動モニタ」の構成としてもよい。

【0170】このように、本第8実施形態によれば、駆動振動を行う振動子1a、1bにおける駆動振動の物理量をモニタする手段4'、5'を備えたものとするれば、駆動振動の物理量(駆動振幅や駆動振動速度等)をモニタすることによって、このモニタの結果に基づき、振動子1a、1bの駆動振動の振幅やその振動速度等を調整したり、検出部14、15からの出力信号の振幅を調整することができる。

【0171】そして、モニタの結果を用いた負帰還(フィードバック)により、駆動振動を行う振動子1a、1bの駆動振幅を一定に制御すれば、両駆動振動子1a、1b間に加工誤差等があっても、複数個の信号a、bを演算(例えば加算若しくは減算)することによって、コリオリ力による信号を精度良く得ることができる。また、この場合の駆動振幅一定制御はモニタ結果に基づくものであるため、装置に対する環境変化が生じても関係なく制御できる。

【0172】(第9実施形態)図15に、本発明の第9実施形態に係る角速度センサ装置のセンサエレメント330の概略平面図を示す。本実施形態は、上記第2実施形態(図5参照)を変形したものである。第2実施形態では可動部は1個であったのに対し、本実施形態では、図15に示す様に、可動部38は、第1の可動部38aと第2の可動部38bとより構成し、両可動部38a、38bを連成駆動用梁6にて連結した構造(両振動子連結構造)としている。

【0173】本センサエレメント330においても、2個の振動子31、32における各々の検出方向a1、a2、駆動振動方向a0方向、及びコリオリ力の作用方向Kに対して角度θだけずらした独自の構成として、紙面に対して垂直方向の角速度軸z回りの角速度Ωを検出ようになっている。ここで、図15では、上記図5と比較して、これら各方向a0→a2、Kを90°回転させた構成となっており、それに対応して、振動子31、32、駆動用電極4、5、検出用電極34、35や各梁も回転した構成となっている。

【0174】第1の可動部38aにおいては、一方の振動子31を検出用梁33を介して支持棒(支持梁)2aに支持させ、この支持棒2aの一端側に櫛歯構造の駆動

用電極 4、5 を設け、他端側は連成振動用梁 6 に接続されている。また、一方の振動子 31 には、連結梁 36 によって検出部としての櫛歯状の検出用可動電極 34 が連結されており、検出用可動電極 34 と対向して櫛歯状の検出用固定電極 35 が設けられている。

【0175】そして、第 1 の可動部 38 a 全体が、梁 2 によって図 15 に示す矢印 a 0 の方向（駆動振動方向）にのみ振動可能となっており、角速度 Ω の入力時には、振動子 31 が、検出用梁 33 によって図 15 に示す一点鎖線 a 1 方向（検出振動方向）にのみ検出振動することが可能となっている。また、検出用可動電極 34 は、駆動振動抑制梁 37 によって図 15 に示す a 1 方向と垂直な方向に変位しないように抑制されている。

【0176】こうして、第 1 の可動部 38 a においては、一方の振動子 31 を基板の水平面（図 15 における紙面に相当）で、a 0 方向へ駆動振動させ、該水平面と垂直な角速度軸 z 回りに角速度 Ω が発生したときに、慣性力とコリオリ力が加わることとなる。ここで、それら力の総合によって、振動子 31 は上記水平面内にて変位するが、検出用可動電極 34 には、a 1 方向の変位のみしか伝わらない。すなわち、a 1 方向の変位動作（振動子 31 の検出振動）は連結梁 36 を通して検出用可動電極 34 を同じ a 1 方向へ変位させる。

【0177】第 2 の可動部 38 b についても、同様のことと言える。即ち、第 2 の可動部 38 b は、他方の振動子 32 を中心に、検出用梁 33、支持棒（支持梁）2 a、駆動用電極 4、5、連結梁 36、検出用電極 34、35 が設けられてなる。そして、第 1 の可動部 38 a と第 2 の可動部 38 b とは、駆動振動方向に変位可能な連成振動用梁 6 にて連結されている。

【0178】そして、第 2 の可動部 38 b 全体が、矢印 a 0 の方向にのみ振動可能となっており、角速度 Ω の入力時には、振動子 31 が、検出用梁 33 によって a 2 方向にのみ検出振動することが可能となっている。また、第 2 の可動部 38 b においても、検出用可動電極 34 は、駆動振動抑制梁 37 によって a 2 方向と垂直な方向に変位しないように抑制されている。

【0179】こうして、第 2 の可動部 38 b においても、梁 2 によって、他方の振動子 32 を a 0 方向へ駆動振動させ、角速度軸 z 回りに角速度 Ω が発生したときに、慣性力とコリオリ力によって、他方の振動子 32 及び検出用可動電極 34 は、a 2 方向へ変位する。

【0180】ところで、本実施形態では、第 1 の可動部 38 a が加速度センシング部 30 に、第 2 の可動部 38 b が加速度センシング部 40 に実質的に相当する。ここで、各可動部 38 a、38 b は連成振動用梁 6 によって、連成振動するが、各振動子 31、32 は同相で駆動振動させても、逆相で駆動振動させても良い。

【0181】このセンサエレメント 330 からの出力としては、上記第 2 実施形態と同様に、上記数式 4 のよう

に異なる 2 個の出力信号、即ち、一方の振動子 31（加速度センシング部 30）からの信号 a a と他方の振動子 32（加速度センシング部 40）からの信号 b b とが発生する。そして、両信号 a a、b b を上記図 4 と同様の回路部 200（符号の関係で、加算と減算が逆になることもある）を用いて演算処理することで、角速度 Ω を検出でき、第 2 実施形態と同様の効果が得られる。また、本実施形態では、上記第 2 実施形態で述べた α による誤差については無視している。 α による誤差については、第 2 実施形態で述べた方法により、低減できる。

【0182】ここで、本実施形態において、各可動部 38 a 及び 38 b における検出用可動電極 34 は、各振動子 31、32 からのコリオリ力を連結梁 36 を介して受け、各振動子 31、32 の検出振動方向である a 1 方向、a 2 方向へ検出振動する。よって、本実施形態は、振動子 31、32 を第 1 の振動子、各検出用可動電極 34 を第 2 の振動子として構成されたものとするこ

とできる。
【0183】つまり、本第 9 実施形態は、センサエレメント 330 として、角速度軸 z に対して垂直方向に駆動振動する 2 個の第 1 の振動子 31、32 と個々の第 1 の振動子 31、32 の外側に梁 36 で連結された第 2 の振動子 34 と、角速度が入力されたときに第 1 の振動子 31、32 に加わるコリオリ力を第 2 の振動子 34 を介して検出する検出部 34、35 とを備え、かつ、2 個の第 1 の振動子 31、32 が連成振動用梁 6 で連結されており、コリオリ力が加わったときに第 1 の振動子 31、32 に発生する検出振動の方向（及び第 2 の振動子 34 の検出方向）がコリオリ力の作用する方向に対してずれているものを採用している。

【0184】ここにおいて、両第 1 の振動子 31、32 を連成振動可能に結合する連成振動用梁 6 は 2 個以上でも良い。また、第 1 の振動子 31、32 は 3 個以上でもよい。その場合、複数個の第 1 の振動子の少なくとも 2 個が少なくとも 1 個の連成振動用梁で連結されていればよい。

【0185】それによって、少なくとも 2 個の第 1 の振動子同士が連成振動用梁で連結されているため振動系は連成振動系となり、駆動振幅が極大となる駆動力の周波数は、該連成振動用梁で連結された第 1 の振動子において同じ値（固有振動数）となる。角速度センサでは、駆動振幅を大きくするために固有振動数で振動させることが多いが、連成振動系を作ることにより、振幅を一致（または近い値に）させるのが容易となる。

【0186】（第 10 実施形態）図 16 に、本発明の第 10 実施形態に係る角速度センサ装置のセンサエレメント 350 の概略平面図を示す。本実施形態は、上記第 2 実施形態の変形であり、構造的には、上記図 5 に示す第 2 実施形態とは、各方向 a 0、a 1、a 2 及び K を変えずに、可動部 38 を 2 つの可動部 38 a 及び 38 b に分

離したものの（両振動子独立構造）である。言い換えれば、本センサエレメント350は、上記図15に示す第9実施形態において、上記図5と一致するように各方向 $a=2$ 、 $K=90^\circ$ の回転させ、且つ、連成振動用梁6を無くしたものである。

【0187】そして、本実施形態では、可動部38を、互いに独立した第1の可動部38a及び第2の可動部38bによって構成することで、2個の振動子31、32（可動部38a、38b）の配列が、チップ内で自由になるというメリットがある（ここでいう配列とは、主に並進方向の自由度を指す）。また、図16において、センサエレメント（チップ）350を左右半分ずつに区切って左半分を第1のセンサエレメント351、右半分を第2のセンサエレメント352とした場合、各エレメント351、352は別々のチップ上に形成されていてもよい。2個の振動子（可動部）を別チップにできれば、歩留まりの上でも有利である。

【0188】次に、本実施形態の動作について述べる。両振動子31、32（可動部38a、38b）を、 a 方向にそれぞれ駆動振動させる。ここで、駆動振幅が2個の振動子31、32で等しく（あるいはほぼ等しく）なるようにあらかじめ2個の振動子31、32の駆動電圧を調整しておき、上記第2実施形態と同様に動作させる。このように2個の振動子31、32（可動部38a、38b）の駆動振幅が異なる理由としては、加工誤差が考えられる。加工誤差がない場合には、両振動子は同じ駆動電圧で同じ振幅の振動をするから、このような駆動電圧の調整は不要である。

【0189】また、本実施形態においては、駆動振動をさせた後の信号処理方法（検出方法）は、上記図4に示す演算方法と同様に行うことができ、上記第2実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0190】さらに、本実施形態においても、上記第9実施形態と同様に、振動子31、32を第1の振動子、各検出用可動電極34を第2の振動子として構成されたものとすることもできる。

【0191】つまり、本実施形態は、センサエレメント350として、角速度軸 z に対して垂直方向に駆動振動する2個の第1の振動子31、32と、個々の第1の振動子31、32の外側に梁36で連結された第2の振動子34と、角速度が入力されたときに第1の振動子31、32に加わるコリオリ力を第2の振動子34を介して検出する検出部34、35とを備え、かつ、2個の第1の振動子31、32同士が連結されておらず独立しており、コリオリ力が加わったときに第1の振動子31、32に発生する検出振動の方向（及び第2の振動子34の検出方向）がコリオリ力の作用する方向に対してずれているものを採用している。ここにおいて、第1の振動子31、32は3個以上でもよい。

【0192】本第10実施形態においても、複数個の第

1の振動子31、32を連結せずに独立させることにより、上記第6実施形態と同様の効果、即ち、第1の振動子の配置自由化、別チップへの配置によるチップの小型化、低コスト化、歩留まり向上、及び、駆動手段の複数化による駆動力の増大化、といった効果を奏する。

【0193】（第11実施形態）本第11実施形態について、上記図16を用いて説明する。本実施形態は、上記第10実施形態（第2実施形態を両振動子独立構造としたもの）とセンサエレメント350の構造は全く同じである。本実施形態と第10実施形態との違いは、次の2点である。

【0194】（1）第10実施形態では、2個の振動子31、32（可動部38a、38b）の駆動振幅が等しく（あるいはほぼ等しく）なるようにあらかじめ調整しておいたが、本実施形態ではそれを行わない。そのため、上述のように加工誤差により、両振動子31、32の駆動振幅が異なる。（2）（1）の変更に伴い、第10実施形態と信号処理の方法が異なる。本実施形態の信号処理方法は、両振動子31、32の駆動振幅の不一致に対処するための方法である。

【0195】（本実施形態の信号処理方法）図16に示すセンサエレメント350において、上記第2実施形態と同様に考えると、一方の振動子31及び検出部34、35からの信号（センシングした加速度） a と、他方の振動子32および検出部34、35からの信号（センシングした加速度） b とが、下記の数式11に示す様な形で得られることとなる。

【0196】

$$\begin{aligned} \text{【数11】 } a &= -Aa\phi^2 \sin\phi t \cdot \sin\theta + 2 \\ &\Omega Aa\phi \cos\phi t \cdot \cos\theta \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= Ab\phi^2 \sin\phi t \cdot \sin\theta + 2\Omega Ab\phi \\ &\cos\phi t \cdot \cos\theta \end{aligned}$$

この数式11に示す様に、本実施形態における各信号 a 、 b は、上記第4実施形態（数式7）及び第7実施形態（数式9）に示されるものと同じとなる。そして、上記第10実施形態では、各出力信号 a 及び b （ただし、第10実施形態では両振動子31、32の駆動振幅は等しい）を、そのまま、上記図4に示す方法で演算するのであるが、本実施形態では、 a 、 b に対して、各々下記の数式12に示す操作を行う。

【0197】

$$\text{【数12】 } aa' = aa \times Ab \times C$$

$$bb' = bb \times Aa \times C$$

（ C ：定数）

つまり、この数式12に示す様に、上記第4及び第7実施形態と同様の操作を行う。この操作は、例えば増幅回路を用いて行うことができ、本実施形態でも、これら2個の検出部の信号の増幅率が異なることが特徴である。2個の検出部の信号の増幅率は、それぞれ $Aa \times C$ 、 $Ab \times C$ であり、2個の検出部14、15における互いの

出力信号振幅を、共に $A \times A \times B \times C$ として予め等しくなるようにゲインを調整する。

【0198】このようにして、本実施形態における角速度センサ装置においては、センサエレメント 350 から振幅の等しい 2 個の出力信号、即ち、一方の第 1 の振動子 31 からの信号 $a \cdot a'$ と他方の第 1 の振動子 32 からの信号 $b \cdot b'$ とが発生する。そして、これら信号 $a \cdot a'$ 及び $b \cdot b'$ を、上記図 7 に示す様に、演算処理し、最終的に、 $2\Omega/\phi \tan \theta$ の出力を角速度センサ装置の検出値として得る。

【0199】なお、本実施形態においても、センサエレメント 350 を作製後、一定の角速度における出力を測定しておくことにより角速度 Ω が算出可能である。また、 ϕ と θ は既知であるから、その値を用いて角速度 Ω を算出することが可能である。また、上記第 4 及び第 7 実施形態と同様に、環境温度の変化や時間の経過により駆動振幅 $A \cdot a$ および $A \cdot b$ が変化しても、出力 $(2\Omega/\phi \tan \theta)$ が一定であること、駆動振幅 $A \cdot a$ および $A \cdot b$ を一定にする回路等が不要となること、及び、「駆動振幅以外の環境温度の変化や時間の経過の影響を除くというメリット」も有する。

【0200】このように、本第 11 実施形態においても、通常ノイズとなる慣性力を用いて、環境温度の変化や時間の経過とともに同様に変化するコリオリ力に起因しない信号とコリオリ力に起因する信号とを導出し、コリオリ力に起因しない信号を基準に、コリオリ力に起因する信号を算出することによって、絶対値として持つている 0 点や出力感度のドリフトを相対的にキャンセルし抑制することができる。

【0201】(第 12 実施形態) 本第 12 実施形態について、図 16 を用いて説明する。本実施形態は、上記第 10 実施形態 (第 2 実施形態を両振動子独立構造としたもの) に、第 8 実施形態 (駆動電圧を両振動子における駆動振動の物理量をモニタする手段を備えるもの) の考えを適用したものである。従って、本実施形態では、上記第 10 実施形態と比較して主に次の 2 点が異なる。

【0202】(1) 構造の違いとしては、2 個の振動子 31、32 に、それぞれ駆動振動モニタ用電極 (歯溝構造) $4'$ 、 $5'$ が存在する。ここで、図 16 に示される 2 個の駆動用電極 (駆動用電極 4、5 と駆動用電極 $4'$ 、 $5'$) のうちの片方を駆動振動モニタ電極として用いたものと考えれば良い。従って、外観は図 16 と同じものとなる。

【0203】(2) 動作の違いとしては、上記第 10 実施形態では、駆動振幅が 2 個の振動子 (第 1 の振動子) 31、32 で等しく (あるいはほぼ等しく) なるように、予め該 2 個の振動子 31、32 の駆動電圧を調整している。しかし、本実施形態では、そのような駆動電圧の調整は行わず、駆動振動モニタ用電極 $4'$ 、 $5'$ を用いて、駆動振動の振幅を検出し、それらが 2 個の振動子 3

1、32 で同じになるようにフィードバック制御する。さらに、環境温度の変化や時間の経過影響による駆動振動の変化に対してもそれを知覚して、駆動振動の時間変化を防ぐことも可能である。なお、角速度信号を得るための演算方法は、上記第 10 実施形態と同様である。

【0204】本実施形態においても、このようなモニタ用の電極 $4'$ 、 $5'$ を設けることによって、上記第 1 実施形態にて述べた「駆動振幅 A を一定にする回路等が不要となる。」というメリットは失われるが、「駆動振幅以外の環境温度の変化や時間の経過影響を除くというメリット」は失われない。

【0205】ここで、本第 12 実施形態においても、駆動振動モニタ電極 $4'$ 、 $5'$ として、歯溝電極による静電検出を用いたが、その他にも、上記第 8 実施形態に述べたのと同様に、「振動子 31、32 外に配置された永久磁石または電磁石と振動子 31、32 上の配線との相互作用により振動子上の配線に生じる電磁検出」の方法や、圧電検出等の方法が可能である。

【0206】(第 13 実施形態) 本実施形態は、上記第 5 実施形態 (図 8 参照) にて述べた、「振動子の梁の長さや幅を非対称に変える等、梁のばね定数を変化させることで駆動方向と検出方向の角度をコリオリ力の発生方向からずらすという」いう技術的思想を、上記第 6 ~ 第 8 及び第 10 ~ 第 12 実施形態における両振動子独立構造のセンサエレメント 350、450 に適用したものである。

【0207】図 17 は、そのような技術的思想に基づいて振動子の駆動振動用の梁の長さを変えたセンサエレメント 550 の概略平面図である。本センサエレメント 500 は、上記第 6 実施形態 (図 9 参照) と同様、加速度センシング部 10、20 を含む両駆動用振動子 1a、1b よりなる可動部 51 を有するが、加速度センシング部 10、20 は、可動部 1a、1b を外周枠部 3 に連結する一対の梁 501、502 に対して平行としている。

【0208】また、このセンサエレメント 550 に対して、駆動用電極 4、5 を用いて周期的に時間変化する駆動力を与えると、各駆動用振動子 1a、1b は、それぞれ、図 17 中の b_1 、 b_2 方向に駆動振動する。これは、梁 501 と梁 502 との長さを変えたことによる。また、本実施形態では、図 17 に示す様に、個々の駆動用振動子 1a、1b において、長い方の梁 501 と短い方の梁 502 との組が 2 組あるが、各組における長短の配置を互い違いとしている。なお、梁の太さを変えることも、本実施形態の効果は同じである。

【0209】そして、この b_1 及び b_2 方向を振動軸として駆動振動している時に角速度 ω 回りに角速度 ω が入力されると、 b_1 及び b_2 方向と直交する K 方向にコリオリ力が作用し、各駆動用振動子 1a 及び 1b にそれぞれ設けられた検出用振動子 11、12 は、梁 13 によって各々図 17 に示す a_1 、 a_2 方向に検出振動を行

う。

【0210】このようにして、容易に駆動振動方向 b 1、 b 2 と検出振動方向 a 1、 a 2 との角度を 90° 度からずらすことができ、本実施形態においても、上記第 1 実施形態と同様の作用効果を奏することができる。もちろん、本実施形態においても、加工誤差等によって 2 個の駆動用振動子（または可動部）の駆動振幅が異なる場合には、次のような工夫が必要である。

【0211】(1) 予め駆動電圧を調整することにより、2 個の駆動用振動子の駆動振幅を一致させること（例えば、第 6 実施形態、第 10 実施形態）。(2) 2 個の駆動用振動子の駆動振幅が同じになるような電圧調整はしないが、検出信号のゲインを調整することにより、2 個の駆動用振動子の駆動振幅の不一致を穴埋めする方法（例えば、第 7 実施形態、第 11 実施形態）。

(3) 2 個の駆動用振動子のそれぞれに駆動振動モータを設け、駆動振幅や駆動速度をモニタし、駆動電圧にフィードバックして、駆動振幅を一定にする方法（例えば、第 8 実施形態、第 12 実施形態）。

【0212】また、図 17 に示す例では、駆動手段として静電駆動を用いたが、電磁駆動を用いる方法はさらに優れている。静電駆動を用いた場合、駆動方向が歯歯の長手方向に対して、ずれているため、駆動用振動子が変位すると歯歯間のギャップが狭くなったり広くなったりして、駆動力が不安定になったり、駆動用電極 4 と駆動用電極 5 の歯歯同士がぶつかったりしてしまうことがあるからである。

【0213】電磁駆動では、このような問題が少ないので、電磁駆動を用いた方がよい。本第 13 実施形態において、この電磁駆動を採用する場合は、例えば上記第 5 実施形態（図 8 参照）にて述べたような構成を採用することができる。もちろん上に述べたことが問題にならない場合も多くあり、したがって、静電駆動の方法も有効である。

【0214】（第 14 実施形態）本実施形態は上記図 1 に示したセンサエレメント 100 の変形例である。

【0215】コリオリ力に起因しない信号とコリオリ力に起因する信号を分離する場合、コリオリ力に起因しない信号とコリオリ力に起因する信号の大きさが、同程度であることが望ましい。検出しようとする角速度 Ω が小さい場合、コリオリ力が小さくなるため、慣性力も小さくする必要がある。

【0216】このためには、図 1 における角度 θ を小さくする必要がある。その場合、駆動方向である a 0 方向と垂直線 K に対する検出方向のずれを、2 つの検出振動子 11、12 の間で一致させることが困難となる。つまり、図 1 において、 a 1 方向と垂直線 K とのなす角度 θ と、 a 2 方向と垂直線 K とのなす角度 θ が相違する。本実施形態は、このような条件下において適用可能なものである。

【0217】図 1 における a 1 方向と垂直線 K とのなす角度（第 1 の検出振動子 11 の検出振動方向のずれ角度）を θ 1、 a 2 方向と垂直線 K とのなす角度（第 2 の検出振動子 12 の検出振動方向のずれ角度）を θ 2 とすると、2 つの検出振動子 11、12（つまり 2 つの加速度センシング部 10、20）から得られる信号 a 、 b は、下記の数式 13 のようになる。

【0218】

$$\text{【数13】 } aa = -A\phi^2 \sin \phi t \cdot \sin \theta 1 + 2$$

$$10 \quad \Omega A \phi \cos \phi t \cdot \cos \theta 1$$

$$bb = A\phi^2 \sin \phi t \cdot \sin \theta 2 + 2 \Omega A \phi \cos \phi t \cdot \cos \theta 2$$

ここで、 θ 1 と θ 2 は 0 に近いことを考慮すると、上記の数式 13 は下記の数式 14 に示す様に近似される。

【0219】

$$\text{【数14】 } aa = -A\phi^2 \sin \phi t + 2 \Omega A \phi \cos \phi t$$

$$bb = A\phi^2 \sin \phi t + 2 \Omega A \phi \cos \phi t$$

図 18 に、本第 14 実施形態に対応した回路部 200 の概略を示す。2 つの加速度センシング部 10、20 からの出力信号 aa 、 bb を、減算、加算することによって、信号 G 11、 G 12 が得られる。信号 G 11 は慣性力に、信号 G 12 は慣性力とコリオリ力に起因した信号である。

【0220】得られた信号 G 12 に対し、信号 G 11 と信号 G 11 の位相を 90° シフトさせた信号 G 12 とを基準信号として使って同期検波をかけ、信号 G 21、信号 G 22 を得る。信号 G 11 の位相を 90° シフトさせるには、例えば微分回路をもちいれればよい。同期検波をかけるには、例えば乗算回路とローパスフィルタをもちいれればよい。

【0221】慣性力に起因した信号とコリオリ力に起因した信号は、常に 90° 位相がずれていることより、このように同期検波をかけることにより慣性力に起因した信号 G 21 とコリオリ力に起因した信号 G 22 が得られ、これらの除算によって角速度センサ装置の検出値としての出力 $4\Omega / (\theta 2 - \theta 1)$ が得られる。

【0222】たとえ θ 1、 θ 2 の値が不明であっても、センサエレメント 100 を作製後、一定角速度における出力を測定しておくことによって $(\theta 2 - \theta 1)$ の値が求められ、求められた $(\theta 2 - \theta 1)$ の値を用いて角速度 Ω が算出可能である。

【0223】このように、本実施形態の回路部（回路手段）200 は、コリオリ力に起因しない（慣性力に起因した）信号 G 21 から位相が 90° ずれた位相におけるコリオリ力に起因する信号 G 22 を検出する機能を有し、両信号 G 21、 G 22 を除算してその強度比をとることにより角速度を算出する。

【0224】最終的に得られる $4\Omega / (\theta 2 - \theta 1)$

50 は、駆動用振動子 1 の駆動振幅 A に依存しないことよ

り、環境温度の変化や時間に経過により駆動振幅 A が変化しても、得られる値は一定である。また、駆動振幅 A を一定にする回路等が不要となる。

【0225】さらに、駆動振幅以外の環境温度の変化や時間の経過影響として、検出用振動子 11、12 の共振周波数の変動等によって一定の力が加わったときの検出用振動子 11、12 からの出力信号 a 、 b が変化することが考えられるが、これは減算処理、加算処理で得られる信号 $G21$ と信号 $G22$ に等しく影響するために除算することによりキャンセルすることが可能となる。

【0226】また、駆動波形を使ってコリオリ力を同期検波する場合、温度等によってコリオリ力に起因した信号の位相が変化すると出力誤差となってしまうが、本実施形態のように、慣性力に起因した（コリオリ力に起因しない）信号を基準信号としてコリオリ力を同期検波すれば、温度等によってコリオリ力に起因した信号の位相が変化しても、同じだけ慣性力に起因した信号も位相変化するために出力誤差とはならない。

【0227】このように、本実施形態のセンサ装置においても上記第 1 実施形態と同様に、環境温度の変化や時間の経過にともなった特性変動がなく、高精度、高信頼性が確保でき、余分な補正回路やセンサエレメント内の振動モータ等が不要となるために低コストかつ小型化が実現できる。

【0228】また、図 18 においては信号 $G12$ に対して同期検波をかけているが、図 19 に示す他の例に示す様に、信号 $G12$ の代わり、加速度センシング部 10 からの出力信号 a もしくは加速度センシング部 20 からの出力信号 b を直接用いることも可能である。

【0229】また、図 18 及び図 19 において、信号 $G21$ と信号 $G22$ を除算せず、信号 $G22$ を出力することも可能である。この場合、駆動振幅の変化に対する出力変動は残るが、温度等によるコリオリ力に起因した信号の位相変化に対しては変動のない出力が得られる。

【0230】ところで、本実施形態に用いるセンサエレメントとして図 1 を用いて説明したが、平面レイアウト上、上記図 1 に示す角度 θ が $\theta = 0^\circ$ となるように組ったセンサエレメントを用いることも可能である。

【0231】これは、可動部や振動子の駆動振動方向と加速度センシング部における振動子の検出振動方向を 90° となるように設計、製作しても、加工能力や材料の不均一性から厳密に 90° とすることが不可能なためである。例えば、エッチングを用いて梁を形成した場合、図 20 に示す梁 H1 の断面形状のようにわずかながらのテーパ角 β 、 γ が発生しうが、これによって振動方向が狙いの方向から変化してしまう。

【0232】通常、この加工誤差による振動方向のずれは、センサの特性に悪影響を与えるが、本実施形態ではこのずれを積極的に利用することができる。図 21 に示すセンサエレメント 600 は、上記図 6 に示すセンサ

エレメントにおいて上記図 1 に示す角度 θ が $\theta = 0^\circ$ となるように組ったものであるが、例えば各梁の加工誤差によって上述のように第 1 の検出用振動子 11 の検出振動方向のずれ角度 $\theta 1$ 、または第 2 の検出用振動子 12 の検出振動方向のずれ角度 $\theta 2$ が発生したものである。

【0233】従って、図 21 に示すセンサエレメント 600 においても、図 18 に示す信号処理を加えれば同様に出力 $4Q / (\theta 2 - \theta 1)$ が得られるため、製造上の加工誤差を利用することにより高精度、高信頼性の小型化で低コストな角速度センサ装置を実現できる。また、本実施形態で示した加工誤差による振動方向のずれを利用した検出方法は、上の全ての実施形態にも適用可能である。

（他の実施形態）なお、上記各実施形態においては、センサエレメントにおける 2 個の振動子の検出振動によって 2 つの異なる出力信号 a 、 b を得て、これらの出力信号を演算処理することによりコリオリ力に起因しない信号を基準に前記コリオリ力に起因する信号から角速度を算出するようにしているが、検出振動を行う振動子が 3 つ以上備えられたセンサエレメントであっても良い。この場合、各振動子において、検出振動方向と駆動振動方向とが 90° からずれていればよい。

【0234】また、センサエレメントにおいて、検出振動を行う振動子が 1 個であってもよい。例えば、図 1 に示すセンサエレメント 100 において、加速度センシング部 10 のみの場合には出力信号 a のみとなるが、駆動信号 $\sin \phi t$ 及びこの駆動信号 $\sin \phi t$ を微分した信号 $\cos \phi t$ を各々基準信号として、出力信号 a を同期検波すれば、コリオリ力に起因した信号と慣性力に起因した（コリオリ力に起因しない）信号とが分離でき、分離された 2 つの信号を除算することによって、駆動振幅 A に依存しない出力を得ることができる。

【0235】従って、センサエレメントにおける検出振動を行う振動子が 1 個であっても、環境温度の変化や時間の経過にともなった特性変動がなく、高精度、高信頼性が確保でき、余分な補正回路やセンサエレメント内の振動モータ等が不要となるために低コストかつ小型化が実現できる。

【0236】また、上記全ての実施形態において、駆動振動の方法として、主に、静電気力による駆動（静電駆動）を取り上げたが、どの実施形態においても、駆動方法は、ローレンツ力による電磁駆動や、圧電効果を用いた圧電駆動等に置き換えることが可能である。

【0237】また、角速度等の検出方法として、主に、静電容量による検出（静電検出）を取り上げたが、どの実施形態においても、検出方法は、電磁誘導による電磁検出や、圧電効果による圧電検出に置き換えることが可能である。

【0238】また、駆動振動の駆動振幅、駆動速度等の検出方法として、主に、静電容量による検出を取り上げ

たが、どの実施形態においても、検出方法は、電磁誘導による電磁検出や、圧電効果による圧電検出に置き換えることが可能である。

【0239】また、上記実施形態において、明記したものの以外にも、検出振動の方向がコリオリ力の作用する方向からずれている複数個の振動子（11、12、31、32）は、互いの間で、検出振動の方向のずれ角が異なっている（各図において左右の θ が異なっている）。

【0240】ところで、上記したどの実施形態においても、外部からの加速度をとり除くことより、精度アップを図ることが可能である。例えば、図22に、図1のセンサエレメント100を2個配置した例を概略平面図として示す。なお、図22中、下側のセンサエレメント100'は、上側のセンサエレメント100と同一のものであるが、識別のため符号に「'」を付してある。

【0241】図22においては、各センサエレメント100、100'を互いに逆位相で駆動振動させる。すると、2つのセンサエレメント100、100'には逆位相のコリオリ力による信号が発生する（同じ瞬間には、逆方向に同じ力のコリオリ力が発生する。）。また、外部からの加速度は、同じ瞬間には、同方向にほぼ同じ大きさで働く。

【0242】この後、それぞれのセンサエレメント100、100'からの出力を、上記図4に示す検出回路200に通す。そして、2つの最終的に得られる出力を引き算すれば、コリオリ力による信号は足し合わされ、加速度による信号はキャンセルされるので、外部の加速度の影響を除くことができるとともに、感度を2倍とできる。この考え方は、他の全ての実施形態にも適用可能である。なお、図22では、2個のセンサエレメントを縦に配置したが、横に配置してもよい。並進方向の基板面内の並進移動は自由である。

【0243】また、本発明に用いられるコリオリ力に起因しない信号は、慣性力による信号以外にも考えられる。例えば、上記した駆動振動モニタ電極4'、5'の出力と駆動振動の斜めずれ角の実測値等が挙げられる。それらのうち、慣性力による信号は、例えば、静電検出の場合、検出用の静電電極14、15の容量変化になり、コリオリ力による信号と重ねあわせて出力される（図3参照）。従って、検出方向を斜めにする等の構造の工夫と回路の若干の変更のみ（つまり、新たな部品を追加すること無し）で、上記した信号処理方法によってコリオリ力による信号の算出を実現でき、有利である。

【0244】また、本発明におけるセンサエレメントとして、静電もしくは電磁駆動、静電検出を例として説明したが、本発明は駆動方法や検出方法によらずに適応可能であり、圧電素子やひずみゲージを使っても同様の効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係るセンサエレメントの概略平面図である。

【図2】本発明の実施形態に係る回路部のブロック図である。

【図3】図1に示すセンサエレメントに作用する力を説明する説明図である。

【図4】上記第1〜第3、第5、第8〜第10及び第12実施形態に係る回路部の処理方法を示す説明図である。

【図5】本発明の第2実施形態に係るセンサエレメントの概略平面図である。

【図6】本発明の第3及び第4実施形態に係るセンサエレメントの概略平面図である。

【図7】上記第4、第7、及び第11実施形態に係る回路部の処理方法を示す説明図である。

【図8】本発明の第5実施形態に係るセンサエレメントの概略平面図である。

【図9】本発明の第6及び第7実施形態に係るセンサエレメントの概略平面図である。

【図10】上記第6実施形態において2個の駆動用振動子を別々のチップに形成した例を示す概略平面図である。

【図11】上記第6実施形態において電磁駆動を用いた例を示す概略平面図である。

【図12】本発明の第8実施形態に係るセンサエレメントの概略平面図である。

【図13】上記第8実施形態において電磁検出により駆動振幅をモニタする例を示す概略平面図である。

【図14】上記第8実施形態において電磁駆動及び電磁検出を行う例を示す概略平面図である。

【図15】本発明の第9実施形態に係るセンサエレメントの概略平面図である。

【図16】本発明の第10〜第12実施形態に係るセンサエレメントの概略平面図である。

【図17】本発明の第13実施形態に係るセンサエレメントの概略平面図である。

【図18】本発明の第14実施形態に係る回路部の処理方法を示す説明図である。

【図19】上記第14実施形態に係る回路部の処理方法の他の例を示す説明図である。

【図20】梁断面形状の加工誤差の様子を示す図である。

【図21】本発明における加工誤差を利用したセンサエレメントの概略平面図である。

【図22】センサエレメントを2個配置した例を示す概略断面図である。

【図23】従来の角速度センサ装置におけるセンサエレメントの概略平面図である。

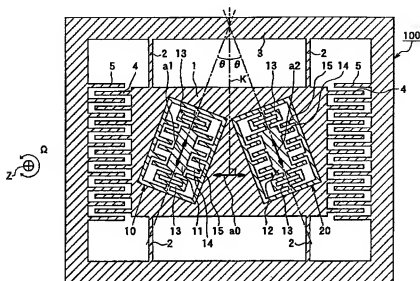
【符号の説明】

1、1a、1b…駆動用振動子、6…連成振動用梁、1

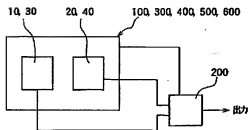
1、31…第1の検出用振動子、12、32…第2の検出用振動子、13…梁、14、34…検出用可動電極、15、35…検出用固定電極、36…連結梁、38、41、51…可動部、100、300、330、350、400、450、500、550、600…センサエレ

メント、200…回路部、401、402…センサエレメントユニット、501、502…梁、1000、1001…チップ、a0、b1、b2…駆動振動方向、a1、a2…検出方向（検出振動の方向）、K…コリオリ力の作用する方向。

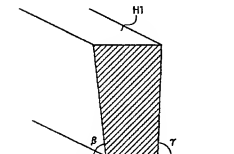
【図1】



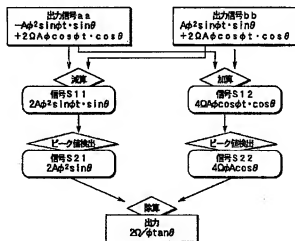
【図2】



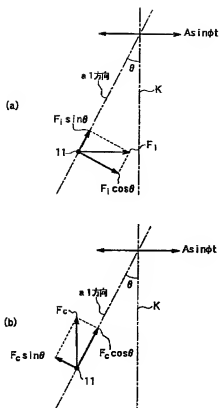
【図20】



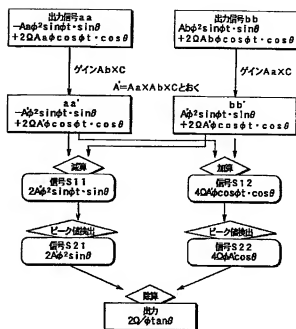
【図4】



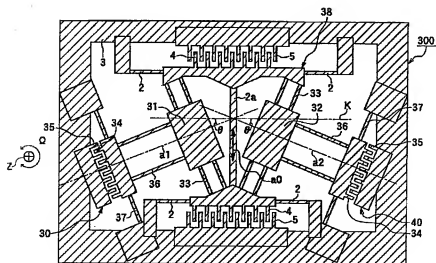
【図3】



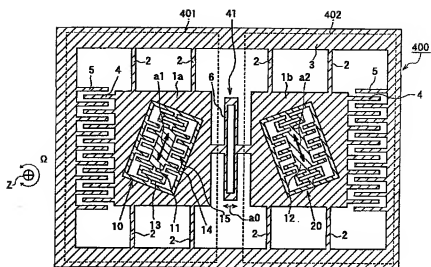
【図7】



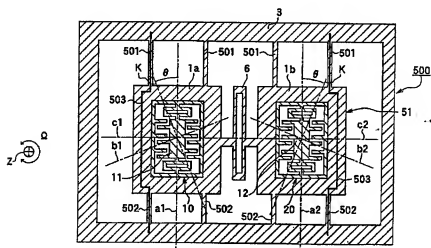
【図5】



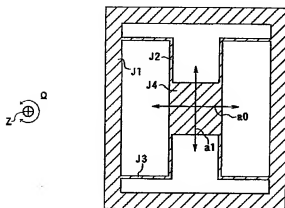
【図 6】



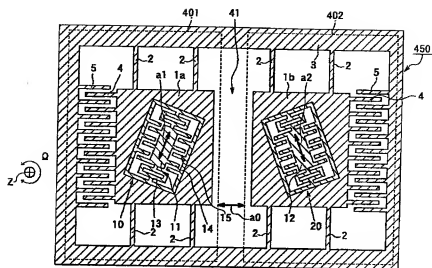
【図 8】



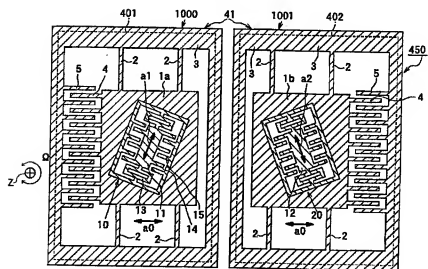
【図 23】



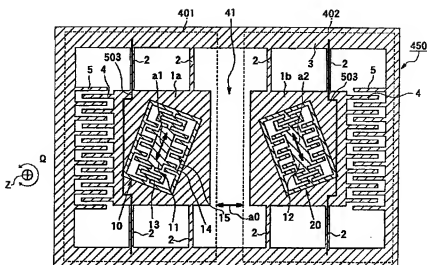
【図 9】



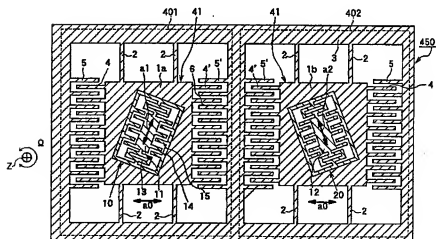
【図 10】



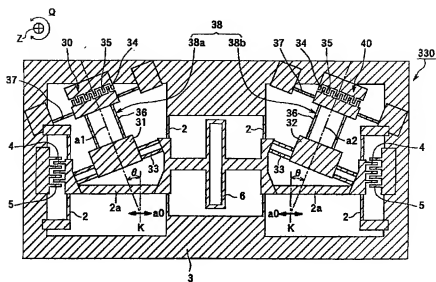
【例 1 1】



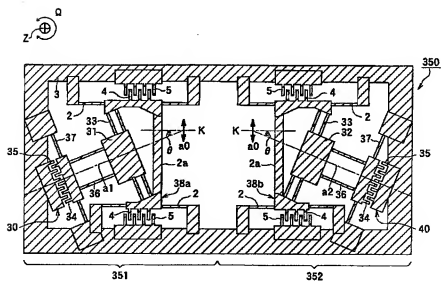
【圖 12】



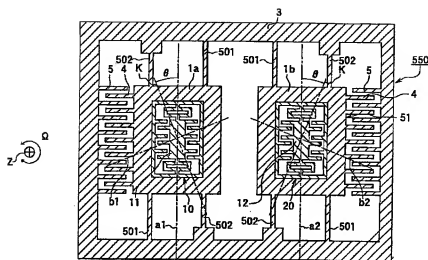
【図 15】



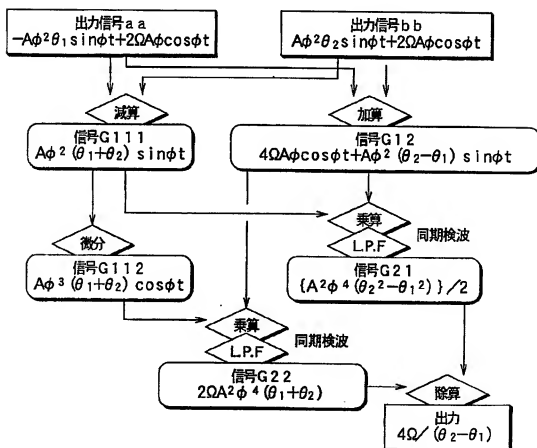
【図 16】



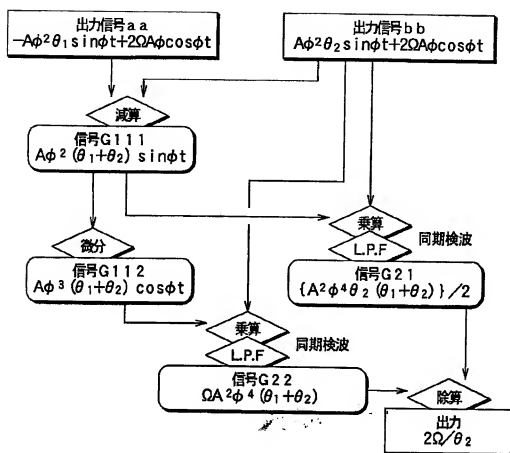
【図 17】



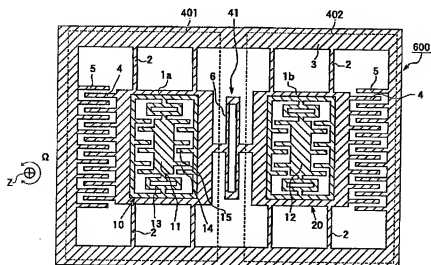
【図 18】



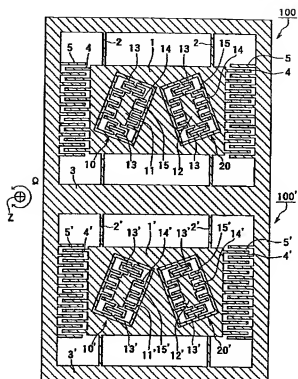
【図 19】



【図 21】



【図22】



フロントページの続き

(72)発明者 伊藤 弘明
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社
社デンソー内

Fターム(参考) 2F105 AA02 AA08 BB01 BB08 BB09
BB13 BB15 CC04 CC11 CD01
CD02 CD03 CD05 CD06 CD07
CD11 CD13